

DE LA BASE DU CRANE

CONTRIBUTION A L'ETUDE RADIOLOGIQUE SAGITTALE
DES VARIATIONS ANGULAIRES ET DE LEURS RELATIONS
AVEC CERTAINS FACTEURS MORPHOGENETIQUES
(Population du Haut Moyen Age de COXYDE)



THESE POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE
(Diplôme d'Etat)

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT

Le 9 JUILLET 1973 par

Edwin RIGGS

Président de Thèse : Professeur Maurice LAUDE

Travail du Laboratoire de Bio-Anatomie et Organogénèse Comparées

de la Faculté de Médecine d'AMIENS. Professeur Maurice LAUDE

avec les respectueux
salutations de l'auteur

[Signature]

LA BASE DU CRANE



Edwin RIGGS

Professeur de Chirurgie à l'Université de Californie

Travail de l'Université de Californie et de l'Université de Chicago

de la Faculté de Médecine de l'Université de Californie



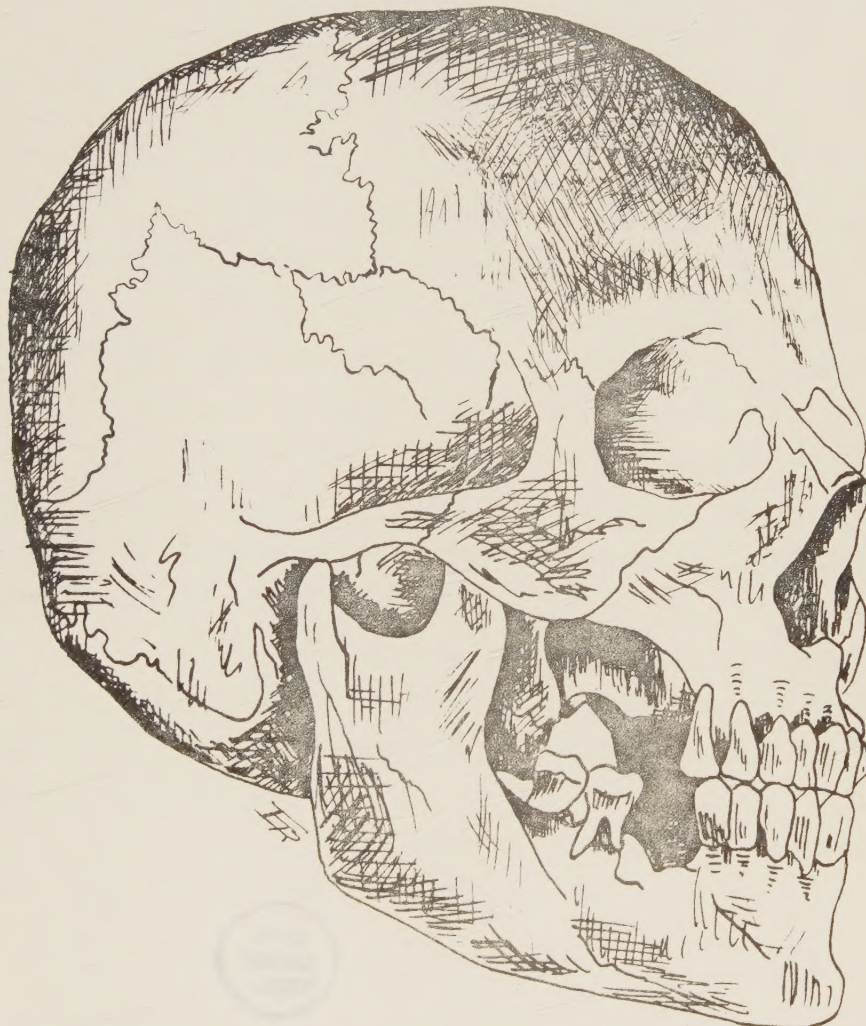
Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545911_0007

DE LA BASE DU CRANE

CONTRIBUTION A L'ETUDE RADIOLOGIQUE SAGITTALE
DES VARIATIONS ANGULAIRES ET DE LEURS RELATIONS
AVEC CERTAINS FACTEURS MORPHOGENETIQUES

(Population du Haut Moyen Age de COXYDE)



THESE POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE
(Diplôme d'Etat)

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT

Le 9 JUILLET 1973 par

Edwin RIGGS

Président de Thèse : Professeur Maurice LAUDE

Travail du Laboratoire de Bio-Anatomie et Organogénèse Comparées
de la Faculté de Médecine d'AMIENS. Professeur Maurice LAUDE.



A NOTRE GRAND PERE

Louis MARTIN

Nous lui dédions ce travail, lui qui, la vie durant, nous en a donné l'exemple et le goût.

Son solide bon sens, sa quête incessante de la connaissance, sa curiosité des choses de la nature ont éclairé le cheminement de nos études.

Son souvenir restera à jamais celui d'un Homme d'Honneur, de Droiture, de Courage et de Générosité dont nous ne pourrions oublier la Modestie chaleureuse et la grande Humanité.

Nous aimerions encore nous enrichir des conseils qu'il nous prodigua toujours avec la sereine Humilité de ceux qui peuvent s'enorgueillir d'un labeur toujours bien accompli.

Qu'il soit assuré de notre affection respectueuse qui ne saurait défaillir.

In Memoriam.

A NOTRE EPOUSE

dont le courage, les sacrifices toujours consentis avec une infinie générosité et l'immense tendresse nous ont permis d'être Médecin.

Qu'elle soit assurée de notre grande admiration et de notre profond amour.

A NOTRE FILS

Pierre-Emmanuel dont l'affection nous fait découvrir tant de beauté et de bonheur.

A NOS PARENTS

en témoignage de notre reconnaissance et de notre profonde affection.

A NOTRE GRAND MERE

dont la bonté et le dévouement de tous les instants nous ont été d'un grand secours moral dans toutes les circonstances difficiles.

A NOS BEAUX PARENTS

qui nous ont accueilli sans réserve et dont la confiance chaleureuse nous a puissamment aidé.

A TOUTE NOTRE FAMILLE

A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur Maurice LAUDE

Professeur à Titre Personnel de Bio-Anatomie et
Organogénèse Humaines et Comparées à la Faculté
de Médecine d'AMIENS

Nous avons été séduit par votre enseignement efficace, clair et précis et avons pu apprécier votre rigueur intellectuelle, votre pénétrante dialectique, votre facilité et votre maîtrise du graphisme et du verbe.

La sureté de votre jugement pénétré d'une grande bonté, votre dynamisme inaltérable et la générosité dont vous témoignez dans notre formation nous ont dévoilé l'Homme après le Maître et n'ont fait que nous affirmer dans l'estime et le respect que nous vous portons.

Nous sommes heureux de pouvoir vous remercier ainsi que de vous assurer de notre grande admiration, de notre fidèle dévouement et de notre profonde gratitude.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur André DELMAS

Professeur d'Anatomie à la Faculté de Médecine
BROUSSAIS - HOTEL DIEU

Directeur de l'U.E.R. Bio-Médicale des Saints-Pères
Membre de l'Académie de Médecine

Nous sommes très sensible à l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail.

Outre la confrontation enrichissante avec vos éminents travaux et traités, nous avons eu l'honneur d'apprécier votre vaste érudition, vos qualités didactiques, votre grande connaissance de la matière médicale et votre immense générosité dans votre étude de l'Homme.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse admiration et de notre humble gratitude.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur Claude LIBERSA

Professeur à Titre Personnel de Bio-Anatomie et
Organogénèse Humaines et Comparées à la Faculté
de Médecine de LILLE
Directeur de l'U.E.R.2 des Sciences Médicales de
LILLE

Nous sommes très sensible à l'honneur que
vous nous faites en acceptant de juger cette thèse.

L'importance de vos travaux, la qualité de
votre enseignement, la rigueur scientifique que vous leur
apportez nous ont impressionné.

C'est une joie de pouvoir vous exprimer toute
notre admiration et notre respectueuse gratitude.

A NOTRE MAITRE ET JUGE

Monsieur le Professeur Gérard PERDU

Doyen Honoraire de la Faculté

Chirurgien-Chef des Hôpitaux

Nous avons été votre élève en Anatomie et en Pathologie Chirurgicale et nous avons pu apprécier la logique et la clareté que votre grand savoir et votre Science incontestée du langage autorisent à votre enseignement.

Nous sommes très sensible au respect que vous avez manifesté pour notre liberté d'esprit et nous vous resterons particulièrement reconnaissant d'avoir su, par votre grande sagesse pleine de charme et de vie, en orienter heureusement les initiatives.

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en siégeant parmi nos Juges et vous prions de croire à notre profond et respectueux dévouement.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur P. GALIBERT
Professeur Titulaire de la Chaire de Pathologie
Externe
Chef de Service de Neuro-Chirurgie
Neuro-Chirurgien

Nous avons apprécié la grande valeur pratique
de votre enseignement et vos qualités profondément humaines.

Nous avons trouvé auprès de vous l'exemple
d'un dévouement constant et d'une attention de tous les
instants pour les malades.

Soyez remercié du grand honneur que vous nous
faites en acceptant d'être parmi nos juges et assuré de
notre profond et respectueux dévouement.

A NOTRE MAITRE

Monsieur le Docteur Pierre MARGAT
Médecin-Chef des Hôpitaux Psychiatriques

Vous avez guidé nos premiers pas dans une spécialité à laquelle votre personnalité brillante et enrichissante nous retient.

Votre grand savoir et votre indulgente bienveillance nous ont amené à ne plus considérer l'Etre Humain seulement comme nous avons appris à le connaître dans les livres.

Nous vous prions de croire en toute notre gratitude et en notre respectueux attachement.

A Monsieur le Professeur G. THILLOY

Votre énergie pationnée, votre dynamisme convaincu nous ont interdit de considérer la Craniologie comme une discipline statique et stérile.

Bien au contraire votre érudition, la qualité de vos travaux et surtout vos encouragements empreints d'une extraordinaire courtoisie n'ont pu que nous encourager à l'élaboration de ce travail.

Nous tenons à vous remercier de l'aide précieuse que vous nous avez apportée et vous assurons de notre respectueuse considération.

A Monsieur le Professeur G. DEVAUCHELLE

Votre déconcertante facilité dans la compréhension des phénomènes et mécanismes biologiques, votre grande intelligence à pénétrer les domaines les plus vastes et les plus variés de la Science ont présidé à votre précieuse et enrichissante collaboration.

Veuillez trouver ici l'expression de nos plus vifs remerciements et de notre sincère amitié.

A Monsieur le Professeur Agrégé P. VIVES

Votre exemple et vos encouragements nous ont souvent guidé.

Nous tenons à vous exprimer notre sincère et respectueuse admiration.

A Monsieur le Docteur J. SCHAEPELYNCK

Votre aimable générosité et votre vaste culture nous ont séduit.

Soyez assuré du profond respect et de l'humble reconnaissance de votre élève.

A Madame le Docteur J. DEHU

Médecin-Chef des Hôpitaux Psychiatriques

Nous avons été votre élève et restons imprégné de votre grande bienveillance dans le contact avec le malade.

Veuillez trouver ici l'expression de notre profond et respectueux dévouement.

A Monsieur le Docteur C. NACHIN

Médecin-Chef des Hôpitaux Psychiatriques

Nous avons bénéficié de la clareté et de l'honnêteté intellectuelle que vos grandes connaissances autorisent à votre enseignement.

Soyez assuré de notre profonde admiration.

A NOS MAITRES DANS LES FACULTES

A NOS MAITRES DANS LES HOPITAUX

En sincère remerciement de leur enseignement.

AUX MEDECINS ET CHIRURGIENS

qui nous ont honoré de leurs précieux conseils
au cours de nos études.

Monsieur le Docteur R.A. CALAIS

Monsieur le Docteur B. FRISON

Monsieur le Docteur A. GUEROULT

Monsieur le Docteur J. RYCKEBUSCH

Monsieur le Docteur B. TROGNON

A MES AMIS

Madame O. ADT

Monsieur et Madame G. BOUDIN

Madame et Monsieur le Docteur P. HIARD

Madame et Monsieur le Docteur P. HOLIN

Madame et Monsieur le Docteur D. LEROY

Madame PERROT

A TOUS MES CAMARADES DE PROMOTION

A MES CAMARADES DU LABORATOIRE D'ANATOMIE

dont nous nous plaçons à louer la bonne
humeur et la compétence dévouée.

A Mademoiselle M. POTIER

qui nous a accueilli avec beaucoup de gentillesse dans le cadre de la Bibliothèque de Monsieur le Professeur A. DELMAS et dont nous avons apprécié la grande qualification.

Nous tenons ici à la remercier de ses judicieux conseils

A Mademoiselle A. QUENEL

dont nous avons pu estimer la compétence,
la compréhension et l'infinie patience au cours de la
rédaction de ce travail.

Qu'elle en soit ici remerciée.

A Messieurs G. CALAIS, M. HEDIN et L. LERICHE

que nous tenons à féliciter et à remercier
de leur généreuse collaboration technique dans la réalisation
de cette thèse.

PREFACE

"La figure de la teste est une bonne lorsqu'elle est
ronde et aucunement comprimée vers les parties
latérales ayant éminences un peu au front et au
derrière : et démontre les sens estre bons.
Au contraire, celle qui est du tout ronde n'est pas
bonne, ne celle qui est aigüe ou en pointe".

AMBROISE PARE

"Le Cinquième Livre". 1585.

Quand, à l'occasion de la réalisation d'un travail (150) reprenant un point déjà abordé dans sa thèse inaugurale (251) par l'un de ses collaborateurs, notre Maître Monsieur le Professeur LAUDE nous proposa d'envisager le plan sagittal médian du crâne, non plus dans sa définition mais dans l'analyse de son contenu, ce thème de recherche nous parut bien déconcertant.

Nos premières recherches bibliographiques ne firent que confirmer notre conviction d'être confronté à une tâche au-delà des compétences d'un jeune assistant à peine rôdé aux termes anthropologiques.

Le nombre accablant de travaux de céphalométrie ne fut pas pour nous rassurer sur le "pourquoi" ou le "comment" d'une telle étude. Néanmoins, nous nous sommes attachés à rassembler articles et documents sans trop comprendre, au début, l'intérêt d'une telle compilation sans qu'aucune activité expérimentale ne soit entreprise.

D'abord déconcertante, l'analyse des références traitant des structures osseuses dont nous nous propositions d'envisager l'existence ou non des variations individuelles et les corrélations qui pouvaient les unir, s'avéra rapidement féconde. Alors, quand il fallut convenir d'un protocole d'étude, terminologie et clichés radiologiques, calques et angles, nous furent rapidement familiers et plus encore, il fallut la rigueur de notre Maître pour limiter les thèmes d'investigation que nous nous propositions d'envisager.

Très tôt, il a su nous convaincre de dépouiller ce travail des considérations Ontogéniques ou Phylogéniques et des impératifs d'orientation spéciale que nous ne pouvions nous empêcher d'évoquer pour en arriver à l'objet véritable de notre recherche : CONFIRMER OU INFIRMER LA CLASSIQUE STABILITE DE TOUT OU PARTIE DE CE SOCLE SOLIDE QU'EST LA BASE DU CRANE.

Cette base du crâne, nous l'avons envisagée au niveau d'une population que nous qualifions de "familiale" car cette étude s'inscrit dans le vaste cadre des Travaux de Craniologie du Laboratoire de Bio-Anatomie et Organogénèse Humaines et Comparées de notre Faculté. L'observation et l'analyse répétées des clichés aimablement réalisés et confiés par le Professeur THILLOY ainsi que la présentation des crânes par Monsieur le Professeur TWIESSELMAN dans son Service d'Anthropologie de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de BRUXELLES ont fait qu'une sorte de complicité, voire d'intimité, se sont installées entre ces crânes et l'équipe à laquelle nous sommes heureux d'appartenir.

Nous voulons, avant que de forcer cette intimité, solliciter d'ores et déjà l'indulgence d'un lecteur trop avisé devant ce travail que nous savons incomplet ; cependant nous tenons à avertir le lecteur ignorant de cette Science rigoureuse qu'est la Craniologie, qu'il peut s'en trouver rapidement lassé et n'y voir que les investigations passionnées de quelque spécialiste, dont il peut-être difficile de se convaincre du pragmatisme et du souci médical.

Alors permettez-nous de lui conseiller de parcourir ces pages avec les yeux et l'esprit qui ont été les nôtres, ceux de l'enfant étonné et ravi devant un montage mécanique presque magique. Sans évoquer SHAKESPEARE, tel nous devons être devant un crâne avant d'en aborder l'analyse scientifique, et rejoindre en cela le grand PASTEUR quand il affirmait :

"Je ne connais pas de Sciences appliquées mais que des applications de la Science".

CHAPITRE I

LES CRANES DE LA POPULATION DU HAUT MOYEN AGE
DE COXYDE (BELGIQUE)

L'ensemble des crânes qui font l'objet de cette étude doit être considéré comme un échantillon représentatif d'une population "adulte" dont la variabilité des caractères mesurés exprimera une variabilité spécifique et non celle qui résulte de la croissance du squelette. Avant de préciser cette terminologie dans le chapitre réservé à l'exposé des quelques principes de Biométrie et de statistique qui lui sont appliqués, il nous faut envisager les motifs qui nous ont fait utiliser le matériel crânien de la population d'âge franc de COXYDE.

Pour comprendre et développer les caractères qui font de cette population un ensemble particulièrement homogène, on ne peut que rappeler les travaux rigoureux et brillants de SCHITTEKAT (231), Conservateur du Domaine de l'Abbaye des Dunes ainsi que les publications de Messieurs les Professeurs BRABANT et TWIESSELMAN (255) et la récente thèse du Professeur THILLOY (251).

I. 1 L'EVOLUTION DU RIVAGE FLAMAND

Dans sa quête perpétuelle à fuir les invasions, dans sa quête incessante à s'abriter de cette rivalité entre les terres et les mers si caractéristique du littoral du Nord de la FRANCE, cette population du Haut Moyen-Age fut contrainte à se réfugier sur des îlots respectés par l'aggression marine (164).

Quand la Manche et la Moséenne se sont rejointes en une Mer du Nord, le Golfe ainsi constitué s'est trouvé limité par un cordon qui se projette au bord du rivage actuel (Fig. 1).

Ce n'est que vers le IVème siècle de l'Ere Chrétienne que la deuxième transgression marine, dite dunkerquienne, permettra aux populations locales de continuer à vivre en autarcie sur les îles côtières "géographiquement" protégées des invasions (Fig. 2).

Ce sont les crânes de ces populations, dont on a dit qu'elles pouvaient être venues de Scandinavie, voire du Jutland Danois, qui sont encore actuellement exhumés des sépultures de l'Abbaye des Dunes.

Enfin, si la population étudiée correspond à des crânes du Haut Moyen-Age, on ne peut néanmoins négliger les conclusions de A. BRIQUET pour qui "les trouvailles faites aux environs de BRAY-DUNES et de LA PANNE, l'utilisation de ce banc de Littoral par l'homme remonteraient à l'âge de fer, c'est-à-dire, à plusieurs siècles avant le début de l'Ere Chrétienne, tout au moins la présence des restes de l'époque romaine y est-elle indiscutable" (40).

I. 2. LES CRANES DE COXYDE

Pour ce qui est de la population que nous considérons, son isolement et l'endogamie probable l'ont protégée des mouvements raciaux du Vème siècle, ce qui n'est pas sans traduction anthropométrique.

Ainsi, des observations de SCHITTEKAT à partir de 128 crânes d'adultes pris au hasard, nous retiendrons l'indice céphalique horizontal moyen qui est de 84,3 %, traduisant une brachycéphalie avec la répartition suivante au niveau des 128 crânes :

46,88 % d'hyperbrachycéphales

32,00 % de brachycéphales

18,75 % de mésocéphales

2,34 % de dolichocéphales.

Les 75 crânes de notre étude correspondent aux éléments dont Monsieur le Professeur THILLOY possède une téléradiographie en incidence sagittale réalisée dans le cadre de sa Thèse Inaugurale (251). Ils permettent d'établir l'indice crânien moyen de l'échantillon qu'ils représentent et de le comparer aux résultats précédents.

	Population des 128 crânes de SCHITTEKAT	Echantillon des 75 crânes étudiés dont 62 d'indice connu
Indice céphalique horizontal moyen	84,30 %	82,14 %
Hyperbrachycéphales	46,88 %	30,64 %
Brachycéphales	32,00 %	37,10 %
Mésocéphales	18,75 %	27,42 %
Dolichocéphales	2,34 %	4,84 %

Les crânes sélectionnés pour ce travail l'ont été pour satisfaire essentiellement à l'étude de la base ; certains cependant peuvent présenter des absences de structure au niveau de l'occipital voire du sphénoïde. D'autres, qui présentaient des traumatismes faciaux et dentaires, ont été reconstitués par les Membres de la Section d'Anthropologie dirigée par Monsieur le Professeur TWIESSELMANN.

Ces spécimens ont pu néanmoins être utilisés dans notre étude de la base crânienne, entraînant dans quelques rares cas l'impossibilité d'effectuer un nombre fort heureusement restreint de mesures. Pour conclure cette présentation historique et morphologique de l'échantillon étudié, nous citerons une fois encore le Professeur SCHITTEKAT (231).

"Ce qui frappe d'emblée dans cette population, c'est la conformation morphologique de certains ossements, en particulier du crâne. La détermination de l'indice céphalique fait ressortir mieux encore la différence totale entre la population ancienne de KOKSIJDE et les populations contemporaines de l'intérieur" (Fig. 3).

Située au sommet du vertex, supportée par l'atlas, la tête se divise en deux portions : le crâne "domicile du cerveau" (KERKRING) et la face, logeant la plupart des organes des sens et ceux de la mastication.

Si la voûte crânienne est de constitution relativement simple, constituant une coque osseuse qui protège l'encéphale dont elle n'est séparée que par la triple enveloppe méningée, la base est toute différente dans son architecture et ses rapports (257, 102).

Etendue depuis le trou borgne en avant jusqu'à la protubérance occipitale interne en arrière, elle constitue une véritable frontière entre l'endocrâne et les régions sous-jacentes, qu'elles soient rachidienne, cervicale ou faciale, réalisant ainsi le toit de cavités faciales telles que l'orbite, les fosses nasales, les fosses zygomatiques.

Avant d'en aborder l'étude synthétique, essentiellement dans le plan sagittal médian, il nous paraît indispensable de décrire par le détail les éléments morphologiques des trois os qui la constituent au niveau de ce plan dit de symétrie (150, 151, 152).

Cette description des pièces squelettiques que sont l'ethmoïde, le sphénoïde et l'os occipital ne saurait exclure la référence aux auteurs classiques traitant du squelette crânien (11, 23, 207, 227, 250).

II. 1. L'ETHMOÏDE

Comblant l'espace compris entre les deux cavités orbitaires, il réalise la quasi totalité du plafond des fosses nasales, qu'il sépare de l'endocrâne.

Les deux parallélépipèdes disposés parallèlement et sagittalement que sont les masses latérales sont unis, quant à leurs faces supérieures, par une lame criblée horizontale ($\eta\theta\mu\omicron\varsigma$ = crible et $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$ = forme). L'ensemble est cloisonné au niveau du plan de symétrie par la lame perpendiculaire (Fig. 4a à 4e).

II. 1.1. La lame horizontale ou lame criblée

C'est une cloison mince, ajourée, séparant l'endocrâne des fosses nasales.

II. 1.1.1. La face endocrânienne

Cloisonnée par le segment intra-crânien de la lame perpendiculaire, elle est perforée de part et d'autre de celle-ci de 25 à 30 trous disposés en trois rangées parasagittales : si les orifices de la rangée moyenne sont petits mais vrais, ceux des rangées externe et interne sont plus volumineux et ne sont en fait que de simples fossettes.

Son bord latéral se soude à la masse latérale correspondante. Il présente en avant l'orifice du trou ethmoïdal auquel aboutit, depuis l'orifice du canal ethmoïdal antérieur, le sillon ethmoïdal que parcourt le filet ethmoïdal du rameau nasal de la branche ophtalmique du nerf nasal interne et l'artère qui l'accompagne. Plus interne mais aussi plus antérieure, la fente ethmoïdale livre classiquement passage à un prolongement dure-mérien (TROLARD) ; en fait la dure-mère n'émet aucun prolongement à son niveau mais tapisse cette fente (FOVARO).

Cette face supérieure de la lame criblée se creuse, de part et d'autre de l'apophyse crista galli, en deux gouttières olfactives recevant les bulbes olfactifs droit et gauche que rejoignent les filets sensoriels du nerf olfactif au travers du crible qu'est la paroi supérieure des fosses nasales.

Ce plan nous servira de référence pour le segment trabéculaire de l'étage antérieur de la base.

II. 1.1.2. La face inférieure nasale

Les orifices y sont plus nombreux, un orifice supérieur pouvant délimiter une fossette au fond de laquelle s'ouvrent deux ou trois orifices plus petits.

II. 1.2. La lame verticale

II. 1.2.1. Le segment intracrânien ou apophyse crista galli

De forme triangulaire, sa base est soudée à la face endocrânienne de la lame criblée.

Son bord antérieur, presque vertical, donne naissance aux processus alaires, séparés par une gouttière verticale fermant en arrière le trou borgne du frontal.

Son bord postérieur s'incline lentement vers l'arrière et le bas jusqu'au processus ethmoïdal du sphénoïde. Le sommet donne insertion à la cloison qu'est la faux du cerveau.

Les faces droite et gauche en sont faiblement convexes.

II. 1.2.2. Le segment nasal ou lame perpendiculaire

Bien plus mince que la précédente, cette lame cloisonne les fosses nasales, aidée en cela par certains éléments s'articulant avec ses bords qui sont au nombre de cinq :

- un bord supérieur soudé à la face nasale de la lame criblée,
- un bord antéro-supérieur articulaire avec l'épine nasale du frontal et le versant postérieur de la suture unissant les os propres du nez,

- un bord antéro-inférieur répondant au cartilage de la cloison,
- un bord postérieur vertical qui s'articule avec la crête sagittale antérieure du sphénoïde,
- un bord postéro-inférieur qui répond au bord antérieur du vomer.

II. 1.3. Les masses latérales

L'étude de ces deux véritables boîtes osseuses interposées entre les fosses nasales en-dedans et les orbites en dehors, nous retiendra moins longuement car ces éléments se trouvent déjà à distance du plan de symétrie de la base crânienne.

Nous n'en retiendrons que la description classique des six faces :

- une face externe, ou os planum, ou lame papyracée, qui participe à la constitution de la paroi interne de l'orbite.
- une face interne réalisant la paroi externe des fosses nasales et dont la surface tourmentée voit s'ouvrir les méats et s'implanter les cornets supérieur et moyen de MORGAGNI, voire accessoire de SANTORINI et suprême de ZUCKERKANDL.
- les faces supérieure, antérieure, inférieure et postérieure sont creusées de demi-cellules et répondent respectivement aux demi-cellules de la surface ethmoïdale du frontal, de l'unguis et de la branche montante du maxil-

laire supérieur, du corps maxillaire supérieur et des versants latéraux du corps du sphénoïde.

Ces masses latérales sont véritablement soufflées par un labyrinthe de cavités pneumatiques dont les plus petites, ou cellules ethmoïdales, y sont totalement contenues. Les autres, ou demi-cellules, débordent l'os et colonisent à travers les sutures l'ensemble des éléments osseux articulés avec les masses latérales.

II. 2. LE SPHENOÏDE

Véritable "os à tout faire" de la tête, SOEMMERING puis MECKEL l'avaient réuni dans leurs descriptions à l'occipital, sous le vocable d'os basilaire ou os sphéno-occipital.

Ce véritable "coin" (σφήν), dont le sommet évidé loge la glande pituitaire, participe par trois prolongements symétriques que sont les petites ailes en haut et en avant, les grandes ailes latéralement et les apophyses ptérygoïdes vers le bas, à l'édification certes de la base, mais aussi de la voûte du crâne, des fosses nasales, des cavités orbitaires et des fosses ptérygo-maxillaires. Comparé à une chauve-souris étalée, nous envisagerons sa description en insistant tout particulièrement sur le corps dans ses éléments endocrâniens et sur quelques variations qui, nous le verrons, ne constituent pas pour autant des formes exceptionnelles (176), (Fig. 5a à 5h).

II. 2.1. Le corps

II. 2.1.1. La face supérieure

Elle ordonne d'avant en arrière quatre structures osseuses :

II. 2.1.1.1. le jugum sphénoïdal

Il nous servira à limiter l'étage antérieur dans son segment pré-sphénoïdal.

C'est une surface plane se prolongeant latéralement avec les faces supérieures des petites ailes. Il forme en avant un véritable bec, le processus ethmoïdal de STAURENGHI, articulé avec la lame criblée de l'ethmoïde, et l'angle postérieur de l'apophyse crista galli (135).

II. 2.1.1.2. la gouttière optique

ORTHNER (198) préfère le terme de face interoptique du sphénoïde à celui de gouttière du chiasma, car les rapports entre ce sillon et le chiasma sont très variables. Il en est d'ailleurs de même des relations entre chiasma et hypophyse, lesquelles sont fonction du développement tardif des lobes frontaux et temporaux, autant de formations néocorticales évoluant dans une direction ventro-orale.

Néanmoins, le bord antérieur de cette face interoptique, ou limbus sphénoïdalis est bien marqué, de même que son bord postérieur, ou tuberculum sellae qui domine la selle turcique.

II. 2.1.1.3. la selle turcique (Ephippium) ou fosse pituitaire

Elle évide la moitié postérieure du corps du sphénoïde sur la moitié de sa hauteur.

Sa paroi antérieure est un mur vertical limité en haut par le pommeau qu'est le tubercule pituitaire, limite postérieure classiquement décrite à l'étage antérieur ; le sillon d'empreinte du sinus coronaire marque la partie haute de ce mur antérieur.

La crête synostosique, dont nous verrons ultérieurement la correspondance embryologique se renfle latéralement en apophyses clinoides moyennes dans 20 % des cas. Les dimensions moyennes de la selle sont intéressantes à connaître ainsi que les corrélations entre son volume et celui de l'hypophyse dont elle est séparée par des sinus veineux coronaires dont le sinus inférieur de WINSLOW, dans l'épaisseur de la dure mère.

Selon DI CHIRO G. (62), sa dimension transversale moyenne est de 13,5 mm et toute augmentation de cette dimension correspond à une hypertrophie glandulaire.

Les corrélations entre le volume de la selle, évalué d'après les mesures linéaires obtenues aisément par téléradiographie tridimensionnelle, et le volume de l'hypophyse ont permis à DI CHIRO G. et NELSON K.B. (63), après confrontation avec l'examen nécropsique, d'affirmer que l'erreur ne dépassait pas 19 % dans l'évaluation du volume sellaire, et 16 % quant à celui de l'hypophyse.

II. 2.1.1.4. la lame quadrilatère

Son bord postérieur épais, rugueux, plus ou moins échancré (incisure semi-lunaire de CALORI ou inversement processus intermédiaire d'AJUTOLO, constant chez les singes) se termine de part et d'autre par le relief des apophyses clinoides postérieures ($\kappa\lambda\iota\nu\eta$ = lit et $\epsilon\iota\delta\omicron\sigma$ = forme) et limite en arrière et en haut la dépression de la loge pituitaire.

Les bords latéraux en sont libres et présentent les empreintes supérieure du nerf moteur oculaire commun et inférieure pour le sinus pétreux inférieur. La face endocrânienne, quasi verticale, répond au tronc artériel basilaire et à la face antérieure des pédoncules cérébraux.

La grande circonférence de la tente dure-mérienne du cervelet prend appui sur les apophyses clinoides postérieures.

II. 2.1.2. La face antérieure

Surplombée par le processus sphénoïdal, elle est marquée par la crête sphénoïdale antérieure et sagittale, articulée avec le bord postérieur de la lame perpendiculaire de l'ethmoïde. Cette crête sépare deux gouttières osseuses verticales centrées par les ostia des sinus sphénoïdaux droit et gauche.

Plus latérales, deux demi-cellules répondent aux faces postérieures des masses latérales de l'ethmoïde.

II. 2.1.3. La face inférieure

Elle participe à la constitution du plafond des fosses nasales. La crête sphénoïdale inférieure s'unit à la crête antérieure au niveau du bec du sphénoïde. Cette face donne insertion à la racine interne du dièdre ptérygoïdien et se trouve partiellement recouverte par une expansion de cette racine qu'est l'apophyse vaginale.

De part et d'autre de la crête sagittale inférieure, en dedans des apophyses vaginales, une mince lamelle osseuse, embryologiquement dépendante des cornets de BERTIN, donc de l'ethmoïde, constitue le plancher du sinus sphénoïdal.

II. 2.1.4. La face postérieure

Quadrilatère, elle est normalement soudée au corps de l'occipital (SYNOSTOSE). (Cette synchondrose secondairement ossifiée explique les variations du clivus sur lesquelles nous insisterons plus loin)

II. 2.1.5. Les faces latérales

Petites et grandes ailes s'y insèrent. Les deux racines de la petite aile et les trois de la grande aile décrivent un arc à concavité postérieure et supérieure barrant la partie moyenne de la face latérale.

Le versant pré-alaire est lisse et prolonge l'os planum de l'ethmoïde au niveau de la paroi interne de l'orbite.

Le versant rétro-alaire, intra-crânien, est marqué par la gouttière du sinus caverneux et de la carotide interne, qui décrit là un trajet d'arrière en avant successivement ascendant puis horizontal et enfin vertical de nouveau, en arrière des racines de la petite aile.

II. 2.2. Les apophyses paires et symétriques

Leur étude nous retiendra moins longuement que celle du corps du sphénoïde.

II. 2.2.1. La petite aile ou apophyse d'INGRASSIAS

Horizontale, triangulaire à base interne, elle appartient à l'étage antérieur de la base du crâne.

Ses deux racines d'implantation sur la face latérale limitent le canal optique en avant et en dehors, dont l'orifice endocrânien se projette dans le prolongement de la face interoptique du corps et donne passage au nerf optique et à l'artère ophtalmique. Le trou optique et ses variations ont fait l'objet d'études nombreuses dont celles de LEDOUBLE M. (155) et de WARWICK R. (263). Son bord antérieur s'unit au frontal, alors que le bord postérieur libre s'épaissit en arrière et en dedans et donne l'apophyse clinoïde antérieure sur laquelle prend amarre la petite circonférence de la tente dure-mérienne du cerveau.

La selle turcique se trouve ainsi encadrée par les apophyses clinoïdes antérieures et postérieures et l'on se doit de rapporter à ce sujet l'étude de ce quadrilatère interclinoïdien par RENARD M., JANDEAUX M. et CAYOTTE J.L. Ces auteurs ont proposé une classification selon six types morphologiques (Fig. 5g), mais ont également situé topographiquement la selle au niveau de la base tant dans le sens longitudinal que transversal et montré que les seules corrélations valables existaient entre :

- la distance interclinoïdienne postérieure et la largeur du crâne au centre de la selle,
- la distance interclinoïdienne antérieure et la largeur du crâne au centre de la selle,
- la surface interclinoïdienne de la selle et le produit : longueur x largeur du crâne, au centre de la selle.

II. 2.2.2. La grande aile

Implantée par trois racines au niveau de la face latérale du corps, son bord antérieur et supérieur limite avec la petite aile et le segment orbitaire du frontal la fente sphénoïdale, dont GAYRAL L. et PAINTANDRE (111)

ont montré que l'on pouvait en distinguer trois types morphologiques sans qu'il y ait jamais symétrie droit gauche, et dont plus récemment LAZORTHES G., GAYRAL L. et HULON R. (153) ont prouvé qu'il n'existe aucune corrélation entre les dimensions et les indices crâniens classiques.

Outre le trou grand rond entre les racines antéro-supérieure et moyenne, le trou ovale entre les racines moyenne et postéro-inférieure, la concavité régulière de la table endocrânienne de la grande aile présente d'autres orifices que sont le trou petit rond, le trou de VESALE et le canal innominé d'ARNOLD.

La face exocrânienne, anguleuse, juxtapose trois plans séparés par des arêtes vives :

- la face orbitaire
- la face temporale
- la face ptérygomaxillaire ou zygomatique qui donne insertion à la racine externe de l'apophyse ptérygoïde.

La crête sphénotemporale sépare les faces temporale et ptérygomaxillaire ; elle est marquée par le tubercule du sphénoïde alors que l'épine du sphénoïde marque l'angle postérieur de la grande aile.

II. 2.2.3. L'apophyse ptérygoïde

Ce dièdre osseux totalement exocrânien, dont WEBER (264) décrivait déjà en 1889 l'importance de l'orientation et des variations, s'implante par deux racines : l'interne, étroite quasi para-sagittale, se fixe sur la face inférieure du corps tandis que l'externe, plus forte et oblique vers l'arrière et le dehors, naît de la face ptérygomaxillaire de la grande aile.

Le canal vidien s'insinue entre ces deux racines.

L'aile interne de ce "livre osseux", dont les pages sont musculaires, est étroite et reste para-sagittale.

L'aile externe est plus large et oblique.

La tranche du livre, l'arête du dièdre, n'existe qu'au niveau de la moitié supérieure.

Vers le bas, les ailes divergent et se rétrécissent, limitant l'échancrure ptérygoïde comblée par l'apophyse pyramidale du palatin.

La face interne de l'aile interne s'articule avec la lame verticale du palatin.

La face externe de l'aile externe donne insertion au muscle ptérygoïdien externe.

Les faces postérieures des deux plans de ce dièdre qu'est la ptérygoïde donnent insertion au muscle ptérygoïdien interne qui respecte en haut et en dedans la fossette scaphoïde qui reçoit le péristaphylin externe.

Son arête, ou bord antérieur, limite l'arrière fond de la fosse ptérygomaxillaire et constitue le bord postérieur de la fente sphénomaxillaire.

Les bords libres des ailes sont marqués par l'épine de HIRTL et celle de CIVININI au niveau de l'aile externe, par l'apophyse en crochet de réflexion du muscle péristaphylin externe au sommet de l'aile interne.

II. 2.3. Les sinus sphénoïdaux ou sinus para-nasaux
postérieurs

Le sphénoïde est constitué presque entièrement d'os compact ; on ne trouve des traces de tissu spongieux qu'à la partie supérieure du corps, à la base des apophyses ptérygoïdes, au niveau des portions les plus épaisses des grandes ailes ainsi qu'au niveau des petites ailes.

Le corps est creusé de deux cavités à contours irréguliers, presque toujours inégales et asymétriques : ce sont les sinus droit et gauche du sphénoïde, séparés par le septum intersinusien.

A l'état frais les sinus sphénoïdaux sont tapissés par une muqueuse qui dépend de la muqueuse des fosses nasales.

Il en est de même des autres cavités pneumatiques du crâne, dont les cellules ethmoïdales. Du point de vue ontogénétique PELLETIER, dans son "Anatomie Maxillo-Faciale", fait de l'ethmoïde "l'os colonisateur" qui, par ses cellules, conditionne la pneumatisation des os qui l'environnent.

Selon l'extension des sinus sphénoïdaux, ceux-ci ont été classés selon trois types (Fig. 5h).

- les petits sinus essentiellement préhypophysaires,
- les moyens sinus envahissant la moitié antérieure du corps du sphénoïde,
- les grands sinus pré et sous hypophysaire pouvant atteindre et coloniser l'apophyse basilaire de l'occipital ; NOVOSELAC et ses collaborateurs ont montré que le processus occipital du sinus sphénoïdal existe dans 26,27 % des 430 crânes étudiés chez des sujets de 12 à 85 ans (192).

Ces grands sinus sont plus ou moins complètement compartimentés : des cloisons de refonds limitent les cellules sphénoïdales.

Les rapports et prolongements des sinus sphénoïdaux (228) ont fait l'objet d'une étude récente de RADOJEVIC S. et JOVANOVIC S. portant sur 600 crânes (216).

Par ailleurs, de nombreux auteurs ont souligné l'importance en pathologie des rapports possibles de ces prolongements avec des structures nobles : ainsi ont été évoquées des névrites optiques d'origine sinusienne (28), des processus inflammatoires au niveau nerf maxillaire inférieur quand il y a lésion de la mince cloison osseuse séparant ce nerf du prolongement ptérygo-alaire du sinus qui est présent dans 8 % des crânes étudiés (217).

Selon SIEUR et JACOB (207) les prolongements les plus fréquents sont :

- le prolongement antérieur ou prolongement du canal optique,
- le prolongement alaire ou externe situé dans la racine moyenne de la grande aile. WIGH le décrit chez 1 % des sujets observés. Il est alors sans continuité avec le système ethmoïdo-frontal (267).
- le prolongement palatin qui peut former le toit de la fosse ptérygopalatine,
- le prolongement postérieur pouvant atteindre, voire franchir la synostose sphéno-occipitale.

SIEUR et JACOB (207) avaient, par ailleurs, fait remarquer que les veines émanant de la muqueuse pituitaire tapissant les parois sinusales peuvent perforer celles-ci et se jeter directement dans le sinus coronaire hypophysaire, dans le sinus caverneux voire le sinus occipital

transverse et propager ainsi un processus infectieux aux réseaux veineux intracrâniens.

Enfin, chaque sinus sphénoïdal s'ouvre en avant dans la fosse nasale correspondante par un ostium qui est rétréci dans le jeune âge par une lamelle osseuse très mince, de forme triangulaire, se détachant du bord inférieur de cet orifice : le cornet de BERTIN.

L'importance des cavités sinusiennes qui pneumatisent le corps du sphénoïde sur l'angulation des étages antérieur et moyen de la base apparaîtra dans notre étude radiographique.

II. 3. L'OCCIPITAL

Os impair lui aussi, sa forme générale est régulièrement concave quant à sa face endocrânienne.

Parmi les éléments squelettiques crâniens, il représente l'élément rachidien car il s'articule avec l'atlas.

Quatre parties s'organisent autour du trou occipital (Fif. 6a à 6c).

II. 3.1. Le corps ou apophyse basilaire

De forme quadrilatère, on lui décrit une face exocrânienne et une face endocrânienne. Sa face antérieure participe à la synostose sphéno-occipitale. Son axe presque vertical suit généralement celui du clivus sphénoïdal de BLUMEMBACH (29).

II. 3.1.1. La face endocrânienne ou gouttière
basilaire

Déprimée par la gouttière d'empreinte du tronc basilaire, elle répond au bulbe et à la protubérance.

II. 3.1.2. La face exocrânienne ou surface
basilaire

Sur la ligne médiane, on décrit d'avant en arrière, la fossette naviculaire de POELCHEN avec, en son fond, la fossette pharyngienne qui correspond à l'éminence basilaire de la notochorde, puis à l'union des 2/3 antérieurs et du 1/3 postérieur, le tubercule pharyngien qui donne insertion à l'aponévrose du pharynx. Depuis ce tubercule les crêtes synostosiques divergent à droite et à gauche ainsi que les crêtes musculaires de KRAUSE plus marquées et plus postérieures.

En avant de la crête synostosique s'insère le muscle grand droit antérieur. Le petit droit antérieur de la tête s'insère entre crêtes synostosique et musculaire et sur cette dernière. On décrit parfois entre le bord antérieur de l'occipital et le tubercule pharyngien les éminences basilaires de l'occipital qui peuvent être articulaires (187).

II. 3.3. Les masses latérales

II. 3.2.1. Leur face endocrânienne

Lisse, rehaussée par le tubercule occipital, elle montre l'empreinte de passage des nerfs mixtes, IX, X et XIème paires crâniennes, ainsi que la gouttière du sinus latéral dans son segment terminal ou jugulaire.

II. 3.1.1. La face endocrânienne ou gouttière
basilaire

Déprimée par la gouttière d'empreinte du tronc basilaire, elle répond au bulbe et à la protubérance.

II. 3.1.2. La face exocrânienne ou surface
basilaire

Sur la ligne médiane, on décrit d'avant en arrière, la fossette naviculaire de POELCHEN avec, en son fond, la fossette pharyngienne qui correspond à l'éminence basilaire de la notochorde, puis à l'union des 2/3 antérieurs et du 1/3 postérieur, le tubercule pharyngien qui donne insertion à l'aponévrose du pharynx. Depuis ce tubercule les crêtes synostosiques divergent à droite et à gauche ainsi que les crêtes musculaires de KRAUSE plus marquées et plus postérieures.

En avant de la crête synostosique s'insère le muscle grand droit antérieur. Le petit droit antérieur de la tête s'insère entre crêtes synostosique et musculaire et sur cette dernière. On décrit parfois entre le bord antérieur de l'occipital et le tubercule pharyngien les éminences basilaires de l'occipital qui peuvent être articulaires (187).

II. 3.3. Les masses latérales

II. 3.2.1. Leur face endocrânienne

Lisse, rehaussée par le tubercule occipital, elle montre l'empreinte de passage des nerfs mixtes, IX, X et XIème paires crâniennes, ainsi que la gouttière du sinus latéral dans son segment terminal ou jugulaire.

II. 3.2.2. Leur face exocrânienne

Elle supporte les condyles de l'occipital dont les rapports avec le foramen magnum sont variables (65, 251).

En avant de ce condyle le canal condylien antérieur livre passage au nerf grand hypoglosse et aux veines condyliennes antérieures.

En arrière du condyle, la fossette condylienne postérieure est traversée, dans 50 % des cas, par une veine émissaire.

En dehors du condyle s'insère le muscle droit latéral.

II. 3.3. L'écaïlle

Losangique et régulièrement concave en avant et en haut, elle limite en arrière le trou occipital.

II. 3.3.1. La face endocrânienne

Elle est centrée par une saillie médiane, ou protubérance occipitale interne, que déprime le pressoir veineux d'HEROPHILE, confluence des sinus veineux longitudinal supérieur et sinus droit et point de départ des sinus latéraux. Elle est marquée dans le plan sagittal médian, en bas et en avant de la protubérance occipitale interne, par la dépression de la fossette vermiennne, considérée à tort par LOMBROSO (163) comme caractéristique des dégénérés débiles voire des criminels nés, en haut et en arrière de la gouttière du sinus longitudinal supérieur.

II. 3.3.2. La face exocrânienne

Elle est marquée symétriquement par le relief de la protubérance occipitale externe, ainsi que par les lignes courbes occipitales supérieures et inférieures.

Nous éliminerons volontairement la description des bords, tant du corps que des masses latérales et de l'écaille, ce travail se proposant essentiellement d'étudier la base au niveau du plan dit sagittal.

II. 3.4. Le trou occipital ou Foramen magnum

Vu par sa face exocrânienne, il est limité en avant par la surface basilaire.

Latéralement, les condyles en constituent les berges, précédés qu'ils sont de la fossette précondylienne, occupée par les veines plexiformes du circulus hypoglossi de TROLLARD.

En arrière enfin, la crête occipitale externe s'étale depuis la crinière occipitale qu'est l'Inion jusqu'au rebord postérieur du foramen.

A son niveau s'insère la membrane occipito-atloïdienne postérieure. Les berges osseuses, les dimensions moyennes, les variétés morphologiques et le problème des asymétries du foramen occipitale, ont été récemment rappelés (149,152) dans des Travaux du Laboratoire de Bio-Anatomie et Organogénèse Humaines et Comparées d'AMIENS.

Après cette rapide description ostéologique des pièces squelettiques de la base, essentiellement dans leurs structures sagittales, il nous faut aborder l'étude synthétique du socle crânien.

II. 4. LA FACE ENDOCRANIENNE DE LA BASE DU CRANE

II. 4.1. Les trois étages osseux

Le plancher osseux du crâne s'étend, nous l'avons dit, du trou borgne en avant, à la protubérance occipitale en arrière.

Si son étude dans le plan horizontal ne nous préoccupe guère dans ce travail, il convient néanmoins d'en préciser les grandes notions architecturales.

Dès le XIXème siècle, FELIZET décrivait un système de condensations osseuses :

- un arc-boutant postérieur superposant les crêtes occipitales interne et externe jusqu'au bord postérieur du trou occipital,
- un arc-boutant antérieur réalisé par la lame perpendiculaire de l'ethmoïde et l'apophyse crista galli,
- deux arcs-boutants obliques postérieurs constitués par les bords supérieurs des pyramides pétreuses,
- deux arcs-boutants obliques antérieurs au niveau des grandes ailes du sphénoïde.

FELIZET montrait alors l'importance du centre de résistance représenté par le clivus.

En 1959, VASSAL (257) reprend cette description de l'"X" de la base du crâne. Chacune des deux branches de cet "X" réalise un levier du premier genre entre les apophyses orbitaires externes qui supportent la résistance que représente le poids de la partie latérale de la face.

Le triangle limité par les branches antérieures inclut le splanchnocrâne , le triangle postérieur contient le trou occipital et le neurocrâne.

Selon RABISCHONG, l'angle bipetueux compris entre les branches postérieures mesurerait de 95° à 100° chez le mésocéphale

La base du crâne, ainsi que le montre une coupe sagittale, n'est pas horizontale. La partie la plus déclive n'est pas la protubérance occipitale interne, mais le rebord postérieur du trou occipital (Fig. 7).

Nous n'aborderons pas le problème de l'étude de la base dans ses asymétries transversales que GIUFFRIDA RUGGERI B. décrit déjà en 1899 (116), récemment repris par THILLOY (251), HADŽIJELOVIĆ et TOMIĆ (127) et complétées par les récentes publications de notre Maître le Professeur LAUDE M. (150, 151, 152).

Nous insisterons tout d'abord dans ce chapitre essentiellement anatomique et descriptif, sur l'architecture et les rapports des trois palliers, aux angles de séparations très aigus, que sont les étages antérieur, moyen et postérieur (Fig. 8).

II. 4.1.1. L'étage antérieur ou ethmoïdo-frontal

Depuis l'articulation ethmoïdo-frontale au niveau du trou borgne, le versant endocrânien, marqué sagittalement par l'apophyse crista galli, aligne d'avant en arrière la fente et les trous ethmoïdaux de la lame criblée.

L'étage antérieur, bien sûr, est complété latéralement par les bosses orbitaires dont les images sur les clichés téléradiographiques de profil se superposent aux éléments du crible ethmoïdal.

En arrière, on retrouve dans le plan sagittal le processus ethmoïdal, le jugum et la face inter-optique du sphénoïde, dont les faces supérieures des petites ailes complètent cet étage antérieur.

II. 4.1.2. L'étage moyen ou sphéno-temporal

Concavés, les fosses sphéno-temporales s'étalent latéralement par rapport à la selle turcique qui ampute le sommet de la cassure sphénoïdale dont les limites angulaires seront discutées.

II. 4.1.3. L'étage postérieur ou temporo-occipital

Les limites en sont évidentes. Ce sont la lame quadrilatère en avant, le bord supérieur du rocher ou gouttière du sinus pétreux supérieur latéralement, enfin la gouttière du sinus latéral en arrière.

Cette vaste cuvette, ouverte en bas au niveau du foramen occipitale, aligne les éléments médians suivants d'avant en arrière :

- la lame quadrilatère du sphénoïde,
- la gouttière basilaire,
- le foramen magnum,
- la crête occipitale interne déprimée en fossette vermiennne au voisinage du trou occipital,
- la protubérance occipitale interne.

II. 4.2. Les rapports méningés de la base du crâne et la base durale

Les trois gaines méningées concentriques séparent le tissu nerveux de l'os.

II. 4.2.1. La pie-mère

Elle se moule étroitement sur la surface du névraxe.

II. 4.2.2. L'arachnoïde

Elle est séparée de la pie-mère par les espaces sous-arachnoïdiens qui contiennent le L.C.R.

Celui-ci représente un système hydraulique de suspension et d'amortissement autour du système nerveux. Si ces espaces sont minces à la convexité, ils réalisent au niveau de la base des confluent ou lacs :

- confluent sylvien au niveau du bord postérieur de la petite aile,
- confluent central surplombant la face optique, la selle turcique et la lame quadrilatère au niveau du sphénoïde,
- confluent ponto-cérébelleux en rapport avec la face postéro-supérieure du rocher.

II. 4.2.3. La dure-mère

Intimement adhérente à la base osseuse, elle pénètre dans ses orifices où elle s'épuise rapidement sauf au niveau du canal optique, du conduit auditif interne et enfin, du trou occipital où toutes les enveloppes méningées crâniennes se prolongent sans interruption par les méninges rachidiennes.

La dure-mère réalise des cloisons : (Fig. 7)

- les unes sagittales, faux du cerveau et du cervelet,
- les autres horizontales, ayant davantage de rapports avec la base crânienne.

Au niveau de l'étage antérieur, on décrit ainsi une tente du bulbe olfactif.

Au niveau de l'étage moyen, la tente de l'hypophyse, tendue du tubercule pituitaire au bord supérieur de la lame quadrilatère, est traversée par la tige pituitaire.

La tente du cervelet isole la loge cérébrale de la loge cérébelleuse, réalise une partie du toit de l'étage postérieur, est tendue par une petite circonférence entre les apophyses clinoides antérieures autour du tronc cérébral et par une grande circonférence entre les apophyses clinoides postérieures et la gouttière du sinus latéral. Un ligament interclinoidien réunit clinoides antérieure et postérieure d'un même côté.

La faux du cerveau pour sa part s'insère et soulève la partie médiane de la face supérieure de cette dernière formation tentorielle.

Enfin, la dure-mère se clive et limite des sacs veineux dont les sinus caverneux paramédians et péri-carotidiens.

II. 4.3. Les rapports sinusiens de la base : la base veineuse (Fig. 8).

Ces cavités veineuses inextensibles, aux parois duremériennes, sont d'avant en arrière au niveau de la base du crâne :

- le sinus coronaire dans ses branches antérieure et postérieure, pré et post-hypophysaires,
- le réseau plexiforme occipital transverse qui peut éroder la face endocrânienne du clivus et donner des images radiologiques particulières. (VIRCHOW)
- les veines du trou occipital drainant les branches du plexus occipital transverse dans les plexus veineux intra-rachidiens.

- le sinus occipital postérieur, unique ou double, dans le bord inférieur de la faux du cervelet (242).
- le confluent postérieur ou pressoir d'HEROPHILE qui draine le sinus longitudinal supérieur, le sinus droit, le sinus occipital postérieur et d'où se dégagent les sinus latéraux.

II. 4.4. Les rapports encéphaliques de la base du crâne :
la base encéphalique (Fig. 9)

II. 4.4.1. Dans l'étage antérieur

Le télencéphale repose par les lobes frontaux sur les bosses orbitaires, y déterminant les impressions digitales et les éminences mamillaires. Ses prolongements que sont les pédoncules et les bulbes olfactifs s'appuient sur les gouttières olfactives du crible ethmoïdal que perforent les filets du nerf olfactif, 1ère paire crânienne. Les pédoncules olfactifs répondent au jugum sphénoïdale.

II. 4.4.2. Dans l'étage moyen

Le diencéphale y est représenté par le chiasma et les bandelettes optiques. On sait que les rapports du chiasma et de la face interoptique du sphénoïde sont variables.

La tige pituitaire, elle aussi évagination diencéphalique, perfore la tente de l'hypophyse et suspend la glande pituitaire au plancher du troisième ventricule cérébral.

Latéralement, les lobes temporaux combient les fosses sphénotemporales.

II. 4.4.3. Dans l'étage postérieur

Si les hémisphères cérébelleux répondent à l'écaille occipitale, le vermis est une formation médiane et les amygdales cérébelleuses affleurent le bord postérieur du trou occipital.

En avant, bulbe et protubérance occipitale s'appuient sur le clivus avec interposition du tronc basilaire qui s'imprime tant sur l'os que sur le névraxe.

II. 4.5. Les pédicules vasculo-nerveux : la base orificielle

Afin d'éviter au lecteur une énumération fastidieuse, les éléments vasculo-nerveux traversant la base osseuse ont été rappelés sur un schéma désormais classique (Fig. 10).

II 5. LA FACE EXOCRANIENNE DE LA BASE DU CRANE

II. 5.1. Les orifices

Les orifices que l'on y décrit n'ont pas tous de correspondance endocrânienne.

Ainsi les orifices propres à la base exocrânienne sont les suivants :

- au niveau de l'étage facial :
 - . le canal sphénovomérien médian,
 - . les canaux sphénovomériens latéraux,
 - . les canaux ptérygopalatins,
 - . les canaux vidiens.

- au niveau de l'étage temporal :

- . les conduits auditifs externes,
- . Les orifices tubaires,
- . les scissures tympanosquameuses de GLASER,
- . les trous stylomastoïdiens,
- . les canalicules tympaniques,
- . les orifices des aqueducs du limaçon,
- . les ostium introitus,
- . les orifices antérieurs du muscle du marteau

Les autres orifices sont groupés dans le classique trapèze orificiel de la base, caractérisé par l'importance des pédicules qui la franchissent. Ici encore, un schéma nous évitera toute nouvelle énumération (Fig. 11).

La face exocrânienne de la base du crâne participe par ailleurs à la constitution d'autres régions céphaliques que sont la face et la région temporo-occipitale ou cervicale (58).

II. 5.2. La base dans son segment facial

Nous l'avons déjà dit, la lame criblée de l'ethmoïde et de la face antérieure du sphénoïde participent à la formation de la voûte des fosses nasales.

De même, grande aile et petite aile du sphénoïde sont pièces constitutives de la cavité orbitaire, séparées qu'elles sont de la fente sphénoïdale.

Enfin, la face zygomatique de la grande aile et la surface sous-temporale de l'écaille du temporal, réalisent le plafond de la fosse ptérygomaxillaire dont l'aile externe de l'anophyse ptérygoïde constitue la paroi interne et l'arête du dièdre ptérygoïdien le fond.

II. 5.3. La région temporo-occipitale de la face

II. 5.3.1. Les éléments antérieurs et moyens

Ce sont la fossette naviculaire, le tubercule pharyngien, la surface basilaire de l'os occipital, les sommets des pyramides pétreuses. Tous ces éléments correspondent à l'oropharynx et aux muscles prévertébraux.

II. 5.3.2. Les éléments antérolatéraux

Ce sont les apophyses ptérygoïdes, les grandes ailes du sphénoïde, les surfaces sous-temporales de l'écaille du temporal. Ces éléments participent à l'articulation temporo-mandibulaire et à la fonction masticatrice et de stabilité transversale du crâne.

II. 5.3.3. Les éléments postéro-latéraux

Condyles occipitaux, lignes courbes occipitales, apophyses mastoïdes, participent à l'articulation crânio-rachidienne stabilisée par les muscles de la nuque.

CHAPITRE III

REPERES ANTHROPOMETRIQUES UTILISES EN CRANIOLOGIE

Il nous semble opportun de préciser, immédiatement après la description anatomique des pièces osseuses rencontrées dans le plan de symétrie de la base du crâne, les définitions exactes des points craniométriques qui seront utiles pour la suite de cet exposé.

Pour plus de commodité, nous énumérerons ces définitions selon l'ordre alphabétique des repères envisagés (Fig. 12).

Une telle liste n'est guère exhaustive mais s'avère être suffisante pour la compréhension de ce travail. Il demeure possible de compléter cette terminologie concernant les points craniométriques dans le formulaire technique de P. BRAUN (37), dans le glossaire de "l'hominisation du crâne" de A. DELATTRE et R. FENART (189) pour ce qui est du crâne envisagé en orientation vestibulaire, ou dans l'importante mise à jour concernant les repères utilisés en craniométrie dans la pratique de l'orthopédie dento-faciale présentée en 1965 par RAQUET et M. LACOMBE (222).

- Ac = Ena - Acanthion ou point spinal ou épine nasale antérieure : Point osseux repérable sur l'os sec ; il n'est pas obligatoirement dans le plan sagittal médian.
- As = Pr - Alvéolaire supérieur ou Prosthion : Point le plus antérieur et le plus déclive du bord alvéolaire sur le milieu du bord inférieur de l'arcade alvéolaire supérieure. IZARD et GUDIN (125) le localisent au rebord gingival entre les incisives centrales supérieures ; il peut alors ne pas être sur le plan sagittal .
- Ba - Basion : Point médian du bord antérieur et inférieur du foramen magnum. On a décrit un Basion interne endocrânien ou Endobasion de LINDEGAARD (Eba), et un Basion externe (Bae) selon que l'on considère l'un ou l'autre versant du rebord foraminien.
- Cd. - Condyléen : point le plus haut situé du condyle mandibulaire. Le point condyléen de TOPINARD (252) correspond au point de tangence d'une parallèle au plan vestibulaire horizontal et se projette alors sur la crête transverse du condyle.
- Cr. - Coronoïdien : Point le plus supérieur de l'extrémité de l'apophyse coronoïde de la mandibule.
- Cra - Criblé antérieur : Point à la partie antérieure du crible ethmoïdal et dans sa direction (en projection sur le plan sagittal) sur la suture fronto-ethmoïdale.

- Crp. - Criblé postérieur : Point à la partie postérieure du crible ethmoïdal (en projection sur le plan sagittal) sur la suture ethmoïdo-sphénoïdale ou la suture métopique basilaire quand elle existe.
- G1 - Glabellaire : Point de tangence au profil du torus d'une perpendiculaire au plan horizontal d'orientation.
- Gn. - Gnathion ou symphysaire inférieur ou hypophysion : Point d'intersection le plus bas de la symphyse mentonnière avec le plan mandibulaire, dans le plan sagittal (106) ; Point de tangence d'un plan parallèle au plan de FRANCFORT avec le bord inférieur de la symphyse (126).
- Go. - Gonion de FERNEX ou point le plus inférieur, postérieur et latéral de l'angle mandibulaire ; il est différent du point goniale : Point de tangence avec la mandibule d'une parallèle à la droite "point symphysaire inférieur ou gnathion - point condylien de TOPINARD" (252). BJÖRK le situe à l'intersection du plan mandibulaire et de la direction du bord postérieur de la branche montante u plan Ramal : c'est alors le point Kk.
- S. - Hypophysaire ou point S : Centre de la selle turcique.
- I. - Inion externe : sommet de la protubérance occipitale externe.

- Nae - Nasion externe : Point de section, par le plan médian, de la suture naso-frontale.
- Op. - Opisthion : Point médian du bord postérieur du foramen magnum. On a décrit un opisthion interne et un opisthion externe.
- Pp. - Palatin postérieur : Point le plus postérieur de l'épine nasale postérieure sur la ligne médiane.
- Pg. - Pogonion ou symphysion, ou point mentonnier : Point le plus antérieur de la symphyse mentonnière quand la mandibule est articulée avec le crâne en position de FRANCFORT.
- Po. - Porion : Intersection entre le bord supérieur du conduit auditif externe et le diamètre vertical de cet orifice.
- Pr. - Prosthion cf. Alvéolaire supérieur.
- S. - Cf. Hypophysaire.
- Si - Symphysaire inférieur - cf. Gnathion.
- Sy - Symphysion - cf. Pogonion.

CHAPITRE IV

ETUDE ANATOMO-RADIOLOGIQUE DU CRANE HUMAIN
EN INCIDENCE NORMA LATERALIS. CORRESPONDANCES
ENTRE LES STRUCTURES OSSEUSES ET LES IMAGES
OBSERVEES -POINTS-LIGNES- PLANS

Une image téléradiographique en incidence dite sagittale ou norma lateralis n'est pas, bien sûr, une coupe médiane du crâne.

Une telle coupe correspondrait à la tranche sagittale "M" tomographique dont AUBANIAC et POROT (8) font remarquer qu'à son niveau, "on est frappé par la simplification des dispositifs architecturaux" puisqu'il ne subsiste quasiment plus que le corps du sphénoïde au niveau de la base.

Néanmoins, l'analyse du cliché sagittal nous permet une étude satisfaisante de cette tranche idéale passant par le plan sagittal médian ou d'énantiomorphie dont nous avons récemment montré avec notre Maître qu'il ne s'écartait que fort peu du plan sagittal médian que les Anthropologistes définissent par les points Nasion externe, Basion et Opisthion (150, 151, 152).

Nous envisagerons par ailleurs la définition et les critères du plan crânien parallèle au film radiologique en incidence "norma lateralis".

Les points céphalométriques définis dans le chapitre précédent correspondent à des reliefs osseux réels ou à des intersections de lignes anatomiques que l'Anthropologiste peut construire.

L'analyse du cliché téléradiographique doit tenir compte d'une part de la construction de l'image, d'autre part de l'orientation du crâne.

Ainsi que le fait remarquer THILLOY (251), "s'il est possible d'utiliser un procédé invariable d'orientation des structures osseuses, la projection sur un plan est soumise à des variations dues au plan sagittal médian de géométrie dépendant de variations génétiques, embryologiques et physiologiques".

Aussi faut-il admettre que l'interprétation d'une téléradiographie sagittale et son utilisation cranio-métrique font intervenir les lois dites fondamentales de NAVARRO (191) que nous rappellerons brièvement.

IV. 1. LES LOIS

- La loi des projections coniques faisant intervenir la notion de grandissement selon la distance des structures par rapport à la source radiogène et obligeant à utiliser la même incidence pour l'étude comparative d'une structure donnée.

- La loi des confusions des plans évoquant les superpositions de structures appartenant à des plans différents au niveau du film radiographique.

- la loi des traits exprimant que seules les parois osseuses abordées tangentiellement ou presque par le rayon incident seront visibles sous la forme de lignes de contour, alors que des structures plus épaisses et pénétrées perpendiculairement donneront une image peu appréciable (loi de BURNETTI).

- La loi du nombre atomique affirmant la participation de la densité du corps à radiographier à la définition de l'image.

L'incidence étant "la direction du rayonnement incident normal par rapport à l'objet à radiographier" (BOUCHET et DULAC), celle-ci est dite transversale dans la téléradiographie sagittale.

Crible, planum, échancrure de la selle turcique, clivus, foramen magnum, sont alors abordés presque tangentiellement et sont particulièrement bien limités sur un tel cliché malgré certaines superpositions perturbant l'interprétation des structures fines selon les constantes utilisées. Ainsi, la superposition des bosses orbitaires avec leurs impressions digitales et leurs éminences mamillaires rendent difficile la détermination des points criblés antérieurs et postérieurs (99) ; par ailleurs, la superposition et la

densité des images rendent souvent difficile l'appréciation de repères tels que l'Opisthion, moins celle du Basion.

Par contre, cette incidence permet une étude précise des rapports entre points ou plans et les cavités pneumatiques qui les "soufflent".

Enfin, les mesures angulaires et linéaires, contrairement à celles mesurées sur des clichés en incidence verticale, témoignent des valeurs réelles des segments ou angulations envisagés (74).

Pour en terminer avec cette première analyse du cliché téléradiographique sagittal (125), il nous faut préciser les quelques points céphalométriques introduits par cette nouvelle méthode d'approche anthropométrique du volume céphalique qu'est la radiologie (Fig. 13a).

IV. 2. LES POINTS

- Le point de BOLTON correspond sur l'incidence de profil à l'intersection la plus postérieure entre le contour condylien et celui de la face exocrânienne de l'écaille occipitale.

- Le point NASION INTERNE, quant à lui, est situé à la rencontre de la courbure frontale endocrânienne prolongée régulièrement vers le bas et la direction du crible ethmoïdal. On peut considérer qu'il se confond avec le point criblé antérieur. Si DELATTRE et FENART (84) ont montré que ce point, avec le Basion, était le seul dont le lieu géométrique, lors de la morphogénèse du crâne humain était rectiligne, s'il est évident que ce point endocrânien subit moins les influences des sollicitations mécaniques, musculaires ou sinusales que le NASION EXTERNE, THILLOY (251) a

montré récemment qu'une corrélation très significative unit les variations de ce point construit au Nasion externe plus facilement repérable et d'emploi plus aisé que le précédent. L'emploi du nasion externe n'affecte en rien la valeur des mesures angulaires craniométriques, dans leur variabilité, faisant intervenir ce point comme limite angulaire.

- Le point de DE NEUREZE (DN) correspond quant à lui à l'intersection du plan palatin (cf) et de l'échancrure nasale sur le plan sagittal médian.

- L'ACANTHION ou POINT SPINAL ou EPINE NASALE ANTERIEURE n'est pas, rappelons le, obligatoirement sur le plan médian.

- Le point PTERYGO-MAXILLAIRE (Ptm) est lui aussi un point construit depuis le cliché téléradiographique sagittal. Il correspond à l'intersection de la direction du plan palatin avec la direction générale prolongée du bord postérieur de la fente ptérygo-maxillaire. Il peut remplacer le palatin postérieur (cf.) quand celui-ci est masqué par la superposition de structures opaques.

- En fait le POINT PALATIN POSTERIEUR (cf.) lui, est rarement superposé sur les clichés en norma lateralis.

- Le point O de FERNEX et KONFINO (107) ou TUBERCULE PITUITAIRE est la projection du bord postérieur du planum ou du bord antérieur de la gouttière optique sur le plan sagittal médian (222). Il correspond au sommet de l'angle Basion - point O - ligne du planum (reliant le point O à la suture spheno-éthmoïdale) ou angle Ω de FERNEX.

Il faut noter que SASSOUNI (222) avait appelé pour sa part point O le point d'intersection, quand il existe, des quatre plans que sont le plan de la base du crâne, le plan palatin, le plan d'occlusion molaire et le plan mandibulaire.

- Le point SPHENOÏDAL, ou TUBERCULUM SELLAE, ou EPHIPPIUM, ou CRETE SYNOSTOSIQUE, correspond à l'intersection du contour antérieur de la selle turcique et de celui de l'os planum. WELCKER et VIRCHOW l'ont localisé au milieu de la gouttière optique, là où AUTISSIER (15) le figurait encore récemment.

Ce point est variable dans la description qu'en donnent les auteurs. RAQUET (222) nous rappelle que BROCA en fait "le point le plus élevé de l'angle sphénoïdal, situé à la section du tubercule de la selle turcique par la gouttière inter-optique".

LINDEGAARD (222) propose "le point le plus élevé du tuberculum sellae dans le plan sagittal médian".

Pour FERNEX (106, 107), l'Ephippion et le Sphénoïdal sont semblables mais le tuberculum sellae doit en être distingué :

- "L'Ephippion est le point le plus saillant du tuberculum sellae sur la crête séparant la selle turcique de la gouttière optique" alors que

- "Le Tuberculum sellae correspond à la portion supérieure de la paroi antérieure de la selle turcique. La figure 13b reprend les localisations proposées par OLIVIER (222) des points craniométriques de l'étage moyen de l'image radiologique de la base.

- Le point S ou HYPOPHYSAIRE, lui aussi, a été différemment localisé par les Anthropologistes. Le premier SCHULLER (222) utilisa ce point médian de la selle déterminé par inspection pour la construction d'un angle Basion - S. - Nasion externe.

BRODIE (222) situe le point S à 5 mm sur une perpendiculaire au point le plus déclive de la selle turcique.

LARSON et MEREDITH (222), en 1949, utilisent le point le plus antérieur du contour de la selle, alors que DE COSTER (68) le confond avec le point médian du contour inférieur de la fosse pituitaire.

A. BJÖRK (26) le premier, détermine ce point comme étant le centre du plus grand diamètre de la crypte osseuse depuis le tuberculum sellae. La surface sellaire est limitée entre le dorsum sellae et le tuberculum sellae, indépendamment du contour des apophyses clinoides.

M. SCHWARZ (222) le situe au milieu de "l'ouverture" de la selle turcique.

Puis SASSOUNI (222) distingue les points Si, le plus bas situé sur le contour sagittal de la selle, et Sp, point le plus postérieur.

- Le point S de K. KOSKI (222) est le point médian antero-postérieur de la crête osseuse inférieure de la selle.

Ainsi que le fait remarquer DELATTRE (82), bien qu'arbitraire ce point peut-être reproduit de façon identique sur plusieurs clichés successifs et les mesures angulaires qui le font intervenir restent valables.

- Le point SPHENO-OCCIPITAL de MARGOLIS ou SPHENO-BASION de PAPILLAUT (Spb) correspond à la section par le plan médian de la synostose sphéno-occipitale. Bien que SCOTT (234) affirme que cette suture reste ouverte jusqu'à l'éruption de la dent de sagesse, ce point est difficile à localiser chez les sujets âgés, de par la calcification régulière du clivus sphéno-occipital. Il est construit quand la direction des clivus occipital et sphénoïdal forment une angulation.

Nous rappellerons que MARGOLIS (89) prend comme ligne de référence pour la base du crâne la ligne "Nasion externe - point sphéno-occipital".

Ainsi que le montre cette énumération des variations des points craniométriques de la région hypophysaire, l'intérêt des correspondances anatomocliniques des mesures céphalométriques ne peut-être contesté.

Nous ne citerons que les études tridimensionnelles de DI CHIRO (62, 63) au niveau de la selle turcique, mais aussi les travaux récents de DUFOUR et ses collaborateurs (95) sur la région ethmoïdo-sphénoïdale.

IV. 3. LES LIGNES

L'incidence téléradiographique de profil permet, d'autre part, l'étude de lignes construites ou représentant l'image d'un plan abordé tangentielllement par le rayonnement. Nous conviendrons d'appeler ligne, toute droite réunissant deux points craniométriques, et plan toute direction rectiligne projetant trois points au moins sur le cliché téléradiographique.

Nous utiliserons ainsi :

- la ligne Basion - point S
- la ligne point S - Nasion externe déjà décrite par BJORK, BRODIE, MORREES, SCHULLER, STEINER... (222)
- la ligne Nasion externe - Gnathion
- la ligne Basion-Nasion externe limitant la base crânienne dans les régions antérieure et moyenne.

IV. 4. LES PLANS

- Le plan mandibulaire "b" de WORKSHOP déterminé par les points Gonion et le Gnathion.

- Le plan ramal tangent au segment "le plus rectiligne" du bord postérieur de la branche montante de la mandibule. L'intersection de sa projection avec celle du plan mandibulaire définit le point angulaire postérieur Kk de BJÖRK.

- Le plan ptérygomaxillaire tangent au bord postérieur de la fente ptérygomaxillaire, c'est-à-dire à l'arête antérieure du dièdre ptérygoïdien.

- Le plan palatin, dans sa projection sur le plan sagittal moyen, est tangent à la face supérieure du palais osseux compris entre Acanthion et point palatin postérieur.

- Le plan de morsure des molaires : il est représentée par une droite coupant en son milieu la hauteur de recouvrement des premières molaires et du groupe dentaire latéral situé en avant de celles-ci.

- Le plan du clivus occipital. C'est la projection sur le plan médian de la gouttière basilaire de l'occipital.

- Le plan du clivus sphénoïdal : il matérialise la projection de la lame quadrilatère du sphénoïde.

- Le plan du planum : c'est la projection sur le film téléradiographique de profil du planum dans son premier centimètre en avant de la gouttière inter-optique. Il représente là l'orientation de la portion présphénoïdale de l'étage antérieur.

- Le plan du crible : il s'agit de la projection des gouttières olfactives de la lame horizontale criblée de l'ethmoïde. Elle matérialise l'étage antérieur dans son segment trabéculaire.

Pour conclure ce chapitre des correspondances anatomo-radiologique, et nous y reviendrons dans l'analyse de nos résultats, on ne peut négliger les travaux importants concernant les correspondances topographiques entre les formations crâniennes et les structures encéphaliques au nombre desquels il nous faut citer les études récentes de MARISCO (171) et le brillant atlas de topométrie cranio-encéphalique publié en 1959 par DELMAS et PERTUISET (91).

CHAPITRE V

ONTOGENESE DE LA BASE DU CRANE ET PHENOMENES
PRESIDENT A SA CROISSANCE

Le crâne peut-être divisé en deux parties : le neurocrâne qui réalise une coque protectrice du tissu noble qu'est le cerveau et le viscérocrâne présidant essentiellement à la formation des éléments squelettiques de la face.

On sait (94, 148) que certains os se forment directement dans le scléroblastème et sont alors qualifiés d'os de revêtement ou os de membrane. Les autres, et ce sont les plus nombreux, sont précédés de modèles cartilagineux auxquels se substitueront les pièces osseuses définitives. On les qualifie d'os cartilagineux ou enchondraux, terminologie impropre à laquelle il faut préférer le qualificatif d'os de substitution.

Au niveau de l'extrémité céphalique de l'embryon, neurocrâne et viscérocrâne sont tous deux constitués initialement d'un mésenchyme dense : le scléroblastème du crâne et de la face.

Les zones de mésenchyme destinées à faire partie du squelette voient très tôt leurs cellules, initialement stellaires, rondes plus ou moins serrées, s'organiser en plages à contours flous, premières ébauches des pièces osseuses.

Le squelette axial apparaît en premier dans la zone céphalique du tronc puis s'étend du côté caudal. Il préside à l'organisation des ceintures scapulaire et pelvienne, à celle des membres et de la base du crâne.

Le mésenchyme ne s'étend que tardivement dans la région de la base puis de la voûte. Au niveau de la face il suit normalement les mouvements des bourgeons faciaux qu'il constitue d'ailleurs.

Nous ne traiterons pas de la morphogénèse faciale (61, 237, 238). Nous rappellerons à ce sujet que SCOTT (234) a montré que sa croissance n'affecte en rien celle de la base et qu'elle n'est guère en relation avec l'augmentation du volume cérébral.

V. 1. LA CHORDE DORSALE ET LA BASE DU CRANE

Un rôle important est joué dans la formation de la base du crâne par la chorde dorsale (183), tige dense qui s'étend initialement jusqu'à la membrane pharyngienne.

V. 1.1. A la fin de la deuxième semaine

L'extrémité céphalique de la chorde est au contact de la membrane pharyngienne.

Le mésoderme qui la joute s'étend progressivement tant en direction dorsale, vers la voûte, qu'en direction apicale pour constituer les bourgeons faciaux. Ce mésenchyme comble ainsi les sillons réalisés par les inégalités et inflexions qui caractériseront l'évolution du tube neural au niveau des différentes vésicules cérébrales (Fig. 14).

V. 1.2. Dès la troisième semaine

La poche de RATHKE (Fig. 15), visible sous la forme d'une évagination du stomodeum dans son feuillet ectoblastique, se développe dorsalement à la rencontre de l'infundibulum diencéphalique (Fig. 16 a, b, c et d). C'est vers la fin du deuxième mois que les connexions avec la cavité stomodéale, décrites sous le nom de canal cranio-pharyngien de LANDZERT (157) vont disparaître. La poche de SESSEL entoblastique (hypophyse glandulaire des vertébrés inférieurs) régresse chez l'Homme.

V. 1.3. Ultérieurement

V. 1.3.1. L'hypophyse et le canal cranio-pharyngien

Les cellules de la paroi antérieure de la poche de RATHKE vont donner le lobe antérieur de l'hypophyse. C'est une expansion de ce lobe qui formera dorsalement la pars tuberalis, autour du pédicule infundibulaire.

Les cellules de la paroi postérieure de la poche donneront la pars intermédia.

Notons dès à présent que chez le sujet adulte, la cavité de la poche de RATHKE se résume tout au plus à une fente hypophysaire.

L'infundibulum diencéphalique évoluera pour sa part en un lobe nerveux postérieur de l'hypophyse, dont les cellules névrogliales vont se différencier en pituicytes.

Ainsi le développement de l'hypophyse fait qu'au delà du deuxième mois la corde dorsale se termine en arrière du canal cranio-pharyngien, sous la selle turcique (Fig. 16 c).

AREY L.B. (7) a contesté récemment la signification de ce canal hypophysaire de CALORI, interprété jusqu'alors comme le reliquat du passage de la poche de RATHKE, et fait remarquer sa fermeture dès le stade 20 mm par une organisation cartilagineuse puis osseuse.

Pour cet auteur, ce pertuis, qui persiste chez 9 % des nouveaux-nés et 0,4 % des enfants qu'il a observés, donnerait quand il est retrouvé lors de vie extra-utérine passage à des nerfs et des vaisseaux, surtout veineux, traversant l'os spongieux après un trajet sous périoste au niveau de la face inférieure du sphénoïde. Le canal cranio-pharyngien se reforme lors de l'ostéogénèse quand ces vaisseaux s'abouchent sous la dure-mère par éruption de tissu périoste dans un tissu cartilagineux puis osseux spongieux.

Vers la fin de la quatrième semaine il faut remarquer la densification périchordale du scléroblastème crânien dans la région post-optique réalisant ainsi le cartilage parachordal impair, ou plaque basale, dans la future région occipitale.

Ainsi que le montrait TOURNEUX J.R. en 1911 (253) et comme l'a prouvé expérimentalement SCHOWING (232), le plancher cartilagineux du crâne ne subit pas exclusivement l'induction chordale mais aussi celle des territoires encéphaliques et médullaires ainsi que le confirment les observations d'embryons affectés de malformations neurales diverses rapportées par JIMINEZ (132). Certes la corde est tenue depuis longtemps comme inductrice principale de la condensation mésenchymateuse présidant à la constitution du squelette basicranial (9, 183). GIROUD et ROUX (115) ont évoqué son induction directe ou indirecte sur l'organogénèse de l'hypophyse.

V. 1.3.2. La théorie vertébrale du crâne

Quand dans la région de la plaque occipitale la segmentation mésenchymateuse est ébauchée , on considère qu'il existe là trois segments occipitaux dont les myotomes correspondants disparaîtront assez rapidement.

En 1926, AUGIER (9) fait remarquer que depuis les travaux de GOETHE en 1820, l'on sait que le crâne est phylogénétiquement un complexe de vertèbres, mais limite cette "théorie vertébrale" du crâne à la seule région basioccipitale. En effet le crâne des Mammifères est formé d'un paléocrâne aspondyle auquel s'est ajouté un néocrâne, acquis progressivement au cours de l'évolution par "occipitalisation" des vertèbres rachidiennes voisines et de leurs nerfs (FÜRBRINGER, BRACHET).

En 1954, SENSENIG (239), considérant à la fois le nombre de somites, de myotomes, de racines nerveuses de l'hypoglosse et d'artères segmentaires primitives dans la région occipitale de 60 embryons humains de 2 à 30 somites, soit de 22 à 26 jours après ovulation (2 à 5 mm CR), a montré que trois segments au moins régressent (6), quatre sont incorporés au basi-occipital, voire cinq parfois.

En effet, un cinquième segment peut-être absorbé si l'on considère les racines nerveuses du XII, confirmant ainsi la théorie de DE BEER et REITER (22).

AUGIER (10), reprenant les travaux de FRORIEP, convient de l'origine vertébrale de la partie postérieure de la plaque basilaire. FRORIEP considère ces éléments vertébraux comme autant d'éléments hypocentraux au même titre que l'arc antérieur de l'atlas.

AUGIER fait remarquer que si la région postérieure du basi-occipital est hypocentrale chez tous les Mammifères, elle ne l'est pas exclusivement car on peut y trouver des éléments analogues à la partie hypochondrale du centrum vertébral.

Puis la plaque occipitale s'étend en direction apicale contournant les ébauches latéro-hypophysaires que sont les cartilages hypophysaires ou polaires (Fig. 17 a).

V 1.4. Au deuxième mois

Les processus occipitaux latéraux s'étendent dorsalement pour former les masses latérales et circonscrire l'émergence du nerf hypoglosse. Le corps du sphénoïde est à ce moment constitué des deux cartilages hypophysaires alors qu'en avant les deux processus ethmoïdaux ou trabeculae cranii présagent de l'étage antérieur (Fig. 17 b).

Le processus orbito-temporal ou hypophysaire s'étend au dessus de la capsule optique et rejoint les zones de blastème qui marquent les limites orbitaires. Les processus ethmoïdaux se prolongent entre les fosses nasales pour y réaliser une ébauche de cloison, le plancher membraneux du crâne et le toit de la cavité buccale. A la périphérie de ces fosses nasales le blastème se prolonge pour former les capsules nasales en avant des capsules optiques.

Plus caudales et dorsales, les capsules optiques complètent cet ensemble.

Dès lors, la base du crâne est constituée :

- en avant, d'un plancher antérieur avec les ébauches membraneuses des ailes temporales et orbitaires du sphénoïde ainsi que celle de la lame horizontale de l'ethmoïde.

- dans la zone moyenne, par le corps du sphénoïde avec de part et d'autre une vaste déhiscence entre les capsules optiques et otiques (encore appelées labyrinthiques) au niveau de laquelle se projette le ganglion de GASSER.

- en arrière, par la plaque occipitale et ses deux processus latéraux traversés par les racines de l'hypoglosse et séparés des capsules otiques par des fentes comblées de tissu mésenchymateux lâche autour des nerfs glosso pharyngien, vague, spinal, accessoire de la veine jugulaire (Fig. 17 c).

Ainsi, si la voûte, constituée exclusivement à ce stade d'une lame membraneuse très mince, tendue depuis les bords latéraux des orbites et ceux des processus occipitaux latéraux, contourne les capsules otiques en adhérant latéralement aux ganglions de GASSER, la base est quant à elle très complète bien que perforée.

Dans le tissu mésenchymateux très lâche qui sépare l'ébauche membraneuse des vésicules cérébrales et comble les dépressions tant du tube neural que de la base se trouve un réseau vasculaire très riche qui présidera à la formation des vaisseaux cérébraux et des sinus du crâne.

Le mésenchyme s'insinuant entre les deux vésicules télencéphaliques en avant et métencéphaliques en arrière, constituera les faux du cerveau et du cervelet alors que des formations tentorielles horizontales se différencieront entre le télencéphale et ses évaginations olfac-

tives, autour de l'infundibulum pituitaire, entre les prolongements occipitaux du télencéphale et le metencéphale

Le chondocrâne va se développer dans le scléroblastème primordial et se trouve constitué dès le début du deuxième mois. C'est à son niveau que les processus d'ossification évolueront vers la formation d'os dits de substitution.

L'ordre d'apparition des ébauches osseuses et les variations que l'on peut observer à leur niveau ont été brillamment décrits en 1949 par AUGIER (14) (Tableau II). (Nous avons déjà signalé qu'un certain nombre d'os du crâne sont précédés d'un modèle cartilagineux, os de substitution donc, alors que d'autres constituent des os de membranes purs.)

V. 2. OSSIFICATION DES OS DE LA BASE

Si dans le chondocrâne il existe initialement des points d'ossification séparés qui peuvent être parfois nombreux pour la même structure osseuse adulte réalisée par leur soudure, ceux-ci s'articulent, voire se soudent pour former le massif osseux unique de la lame occipito-sphéno-ethmoïdale qui fait l'objet de cette étude.

V. 2.1. L'Ethmoïde (Fig. 18 a et b)

L'élément le plus antérieur de cette lame, l'ethmoïde, est un os entièrement de substitution. Depuis les trabeculae cranii, futures masses latérales, une lame cartilagineuse tend à séparer les fosses nasales. Deux points d'ossifications latéraux et deux points médians vont successivement apparaître dans le modèle ethmoïdal.

V. 2.1.1. Vers le quatrième mois intra-utérin

Les deux points distaux apparaissent dans les masses latérales sous forme de trabécules qui donneront les cellules ethmoïdales et les cornets. A la naissance ceux-ci sont complètement ossifiés ; alors, les masses latérales sont unies par une lame fibreuse passant en pont au dessus de l'apophyse crista galli encore cartilagineuse.

V. 2.1.2. Après la naissance

Les deux centres d'ossification médians du mésethmoïde n'apparaissent qu'après la naissance, en fin de première année. A cette date, on observe à la base de l'apophyse crista galli et de part et d'autre de celle-ci cinq granules osseux à partir desquels se formeront cette apophyse, la lame criblée et la lame perpendiculaire qui s'ossifient donc de haut en bas.

Il existe deux points complémentaires (249) : l'un correspond au sommet de l'apophyse crista galli, l'autre au bord externe de la fente ethmoïdale.

V. 2.2. Le sphénoïde (Fig. 18 c et d)

L'ossification du sphénoïde est plus complexe dans son évolution tant dans l'espace que dans le temps. Débutant au troisième mois intra-utérin, les points d'ossification apparaissent jusqu'au septième mois intra-utérin et s'organisent en deux groupes réalisant une pièce osseuse qu'est le sphénoïde antérieur ou présphénoïde et une pièce postérieure ou postsphénoïde.

SAPPEY (249) décrit quatre pièces constitutives du présphénoïde, huit pour le postsphénoïde et deux pour les cornets de BERTIN.

Nous emprunterons à FAWCETT (101) les éléments descriptifs du développement de "l'os clé" de la base crânienne.

V. 2.2.1. Le présphénoïde

Dès le troisième moins intra-utérin, le présphénoïde montre deux points d'ossification antérieurs du corps et deux points pour les petites ailes ou orbito-sphénoïdes. Chaque point antérieur du corps va s'unir à l'orbito-sphénoïde avant que de fusionner avec son homologue contralatéral (deuxième moitié du quatrième mois) pour réaliser la partie antérieure de la selle ou gouttière interoptique (34).

Il est intéressant de noter que le trou optique appartient au présphénoïde. L'intersection du segment qui unit les trous optiques avec l'axe sagittal médian du crâne préside, comme l'ont montré SABY et ses collaborateurs (229), à la croissance tant transversale qu'antéro-postérieure de l'os sphénoïdal. Ce point pourrait correspondre à l'extrémité de la corde dorsale ou à la jonction entre cette dernière et la plaque préchordale.

Ce n'est qu'à la fin du cinquième mois que la soudure des deux orbito-sphénoïdes réalisera la crête sphénoïdale antérieure et le rostre (34).

V. 2.2.2. Le postsphénoïde

Le postsphénoïde voit ses huit points se distribuer de la façon suivante :

- deux alisphénoïdes pour la portion médiale des grandes ailes,
- deux pour les ailes externes des apophyses ptérygoïdes,
- deux pour la partie postérieure du corps qui se soudent à la fin du troisième mois intra-utérin (34) et forment alors la lame quadrilatère,
- deux pour les parties latérales du corps ou gouttières caverneuses ; ils se souderont aux points postérieurs du corps vers la fin du quatrième mois.

Le canal vidien témoigne de la soudure des points alisphénoïdes, des points latéraux du corps avec les ailes internes des apophyses ptérygoïdes, ailes internes qui s'ossifient comme des os de membrane au cours du deuxième mois intra-utérin et fusionnent avec le point de la grande aile ou aile externe homolatérale au quatrième mois intra-utérin. Il est intéressant de noter que seul le crochet de l'aile interne passe par le stade cartilagineux et que SAPPEY associe son point d'ossification au point alisphénoïde.

V. 2.2.3. Les synchondroses basicrâniennes

Sphénoïde antérieur et postérieur restent distincts jusqu'au septième mois intra-utérin. Ils sont séparés d'un cartilage qui diffère d'un cartilage de conjugaison tel qu'on en décrit au niveau des métaphyses d'os longs.

En effet J. BAUME (18,20) employant après MARONNEAUD (172) le vocable de morphocinégénétique a montré que l'activité bipolaire des synchondroses basicrâniennes les distingue des cartilages de conjugaison qui ne prolifèrent qu'en direction diaphysaire.

C'est cette activité de double face qui permet les modifications dans la plicature basicrânienne caractéristique du développement humain.

A partir du septième mois intra-utérin, pré et postsphénoïdes fusionnent par leurs bords. D'ailleurs à la naissance les deux hémisphénoïdes droit et gauche sont encore séparés par une fente (207, 249). Enfin le basisphénoïde progresse par son pôle postérieur vers l'extrémité crâniale du basi-occipital dont il est séparé par une bande cartilagineuse, elle aussi fertile par ses deux faces. C'est en arrière de la synchondrose intersphénoïdale, dont témoigne sur l'os adulte la crête synostotique et le relief des apophyses clinoides moyennes, que se creuse la selle turcique. Notons à ce propos l'observation par NAGY (190) d'un défaut d'ossification du présphénoïde avec régression du basisphénoïde, anomalie qu'il faut différencier du canal cranio-pharyngien de topographie identique.

Quant aux cornets de BERTIN leur appartenance embryologique n'est guère précise.

Nous rappellerons que SAPPEY (249) les considère comme 2 des 14 points d'ossification du sphénoïde et qui apparaissent entre le sixième et le huitième mois de la vie extra utérine, de part et d'autre du bec du sphénoïde. Ce n'est que vers quatre ans qu'ils s'enroulent pour réaliser les cornets de BERTIN. Ceux-ci vont se souder à la paroi inférieure du sphénoïde entre treize et quinze ans.

KÖLLIKER, (138) reprenant les travaux de DURSLEY qui a montré la présence de ces éléments sur des embryons de 8 cm, les rattache aux masses latérales de l'ethmoïde et en fait des structures à l'origine de la pneumatisation sinusale du sphénoïde.

Avant d'aborder l'évolution ontogénétique de l'occipital, nous remarquerons l'existence au niveau du bord postérieur de la grande aile, dont l'ossification depuis le point alisphénoïde se complète par de grandes lames d'ossification membraneuse vers le temporal et le frontal, de la lingula de MECKEL (CALDANI) qui, quand elle existe, est une pièce osseuse apparue dans l'épaisseur de la dure mère contre le vaisseau carotidien interne et se soude ou non à ce bord postérieur.

V. 2.3. L'occipital (Fig. 18 e)

V. 2.3.1. Le corps

L'occipital au cours de la vie foetale présente deux parties distinctes : l'une, membraneuse puis cartilagineuse et enfin osseuse, participe à la formation de la base ; l'autre, d'ossification membraneuse, correspond à l'écaille. Nous le savons déjà, le corps de l'occipital correspond à la partie vertébrale de l'os.

Quand ALBRECHT (2) décrit un nouvel os, le basiotique, entre l'occipital et le sphénoïde, il insiste sur l'incontestable situation hypochordale du basi-occipital mais aussi sur sa situation hypocentrale. En effet, ainsi que l'ont montré BOLK et KOLLMANN, on peut trouver des éléments analogues à la partie hypochordale de centrum vertébraux au niveau de l'occipital, tels le tubercule intercondylien médian et le tubercule ou crête transversale plus ou moins paramédian mais toujours disposé verticalement et donnant un relief véritablement "surajouté".

AUGIER (10) décrit chez un même embryon la présence de deux centres ostéogènes au niveau du corps de l'occipital ; le basioccipital propre, d'apparition très précoce, et un basioccipital antérieur ou basiotique d'ALBRECHT (2). PATURET (207) infirme l'existence du basiotique et évoque l'éventuelle duplicité du basioccipital propre.

AUGIER fait du basiotique un os aspondyle primitivement crânien (GAUPP), mais insiste surtout sur la situation hyperchordale de ce centrum alors que la basioccipital est toujours hypochordal (Fig. 18 f).

Il cite même l'observation de noyaux isolés hyperdorsaux nés indépendamment de la plaque basilaire réalisant avec le basiotique un véritable complexe hyper et péri-chordal. Ainsi depuis l'axe odontoïdien, premier centrum rachidien articulé, la chorde pénétrerait elle le basioccipital, le quitterait pour s'enfoncer à nouveau dans la base crânienne à l'aplomb de l'articulation entre basioccipital et postsphénoïde et se terminer au niveau de la fossette naviculaire.

Il est intéressant, si preuve il faut de la participation rachidienne à l'édification du basioccipital, de rappeler l'existence de blocs axoatlanto-occipitaux chez l'Homme (66).

V. 2.3.2. Les masses latérales

En plus du basioccipital et du basiotique si l'on admet la réalité, les deux points exoccipitaux limitent latéralement le trou occipital et présagent des formations condyliennes. Deux synchondroses, dont nous connaissons le double potentiel évolutif au niveau du crâne, les séparent, l'une antérieure du basioccipital, l'autre postérieure des supraoccipitaux.

V. 2.3.3. L'écaille

Les supraoccipitaux se développent dans une ébauche cartilagineuse bien que déjà partie intégrante de la voûte crânienne. Rapidement ils se soudent sur la ligne médiane, réalisant une pièce unique qui reste séparée jusqu'à la deuxième année des exoccipitaux mais se soude rapidement à la portion d'origine membraneuse que sont en arrière et latéralement les deux interpariétaux. La persistance à la naissance de cette jointure cartilagineuse entre supraoccipitaux fusionnés et solidaires des interpariétaux d'une part, et les exoccipitaux antérieurs et latéraux d'autre part, réalise la classique charnière obstétricale de BUDIN.

A ces points d'ossification primaires de l'occipital, il faut ajouter les points d'ossification secondaires dont l'osselet de KERKRING entre les exoccipitaux, réalisant parfois un troisième condyle antérieur et médian. Enfin nous citerons, bien que dépassant le cadre de cet exposé limité aux éléments constitutifs de la base crânienne, l'os épactal ou os des INCAS, lui aussi d'origine membraneuse (138) et que PATURET, s'opposant ainsi à DEBIERRE (37), différencie de l'os interpariétal rencontré chez de nombreux animaux.

V. 3. CEPHALOGENESE ET CROISSANCE DE LA BASE

Après ces données analytiques de l'organogénèse de la base crânienne, il nous faut exposer à présent, à la lumière des travaux de BJÖRK et de DELAIRE (80), quels mécanismes président à la céphalogénèse et à la croissance de cette base osseuse.

Ici encore nous n'évoquerons pas les éléments relatifs à la face envisagés par SENNEVILLE, LIBERSA, VOISIN et GOUDAERT (119, 120, 237, 238), par BRICHARD (38) et critiqués par CHATEAU(61). Nous ne nous attacherons pas davantage à l'étude des aspects cytochimiques de la céphalogénèse abordée expérimentalement par MILAIRE J. (182), pas plus que nous ne nous préoccupons au niveau de ces phénomènes de l'orientation du crâne, renvoyant en ce domaine le lecteur aux travaux importants de DELATTRE et FENART (81 à 89).

Ainsi que le fait remarquer DOS KOČIL (93), si la lame criblée a terminé sa croissance avant la naissance et la fente sphénoïdale dans la première année de la vie les autres éléments de la base arrivent au stade adulte par trois grandes périodes : l'une prend fin vers la cinquième année, la seconde vers la dixième année, la dernière au cours de la dix-huitième année bien que GROSSMAN (124) ait prouvé par une étude radiographique que la croissance céphalique continue souvent jusqu'à la fin de la vingt-quatrième année.

BONNIFAY (33) dans une thèse magistrale soutenue à Lyon en 1897 reconnaissait déjà le rythme irrégulier de la croissance de la tête, contesté par BRODIE (49) et PANKOW (201).

GROSSANN (124) plus de 60 ans après, affirme qu'il est des structures qui grandissent vite mais peu longtemps, d'autres enfin lentement et plus longtemps.

ZUCKERMAN (271) montre en 1955 que plus de la moitié de la croissance céphalique antéro-postérieure se fait dans les huit premières années. Il conclue alors que basioccipital, basisphénoïde, présphénoïde et ethmoïde, toutes formations sagittales, participent pour beaucoup au véritable éclatement antéro-postérieur observé lors de l'ado-

lescence alors que le diamètre basion-opisthion et l'étage postérieur ne grandissent plus après la chute des dents de lait ou l'éruption de la deuxième dentition.

Pour revenir aux travaux historiques concernant la céphalogénèse nous ne pouvons ignorer ceux d'AUGIER (13), de LEBOURG (154) à qui nous devons la classification évolutive des zones de conjonction basée sur une analyse histologique, et de LACOSTE (146) qui, après ses travaux d'embryologie comparée, énonce le premier les particularités de développement des synchondroses basicrâniennes confirmées récemment par MARONNEAUD (172) sur un matériel humain et mal copiées par KORKHAUS (142) qui décrit une synchondrose sphénoethmoïdale qui n'existe pas.

V. 3.1. MODES DE DEVELOPPEMENT

Il est nécessaire dans l'étude des modalités de développement des pièces osseuses crâniennes de distinguer celles qui déterminent la morphogénèse des os, de celles qui règlent les remaniements incessants de leur structure consistant en apposition et résorption exostale (os compact) ou endostale (os spongieux), ces dernières débordant le cadre de notre travail.

Ainsi, d'une part dans les régions génétiquement déterminées du squelette cartilagineux primordial, apparaissent les os de substitution, les plus nombreux et que séparent les synchondroses. D'autre part, dans les régions elles aussi génétiquement déterminées du mésoderme d'enveloppe cette fois, apparaissent les os de membrane dont la zone de conjonction donnera naissance aux sutures (24).

V. 3.1.1. Les os de membrane

On ne peut rappeler à leur sujet que leur rôle phylogénique de cuirasse et le caractère passif de ces structures squelettiques.

Leur développement est induit par les sutures et le périoste (38), or ce sont des facteurs génétiques plus que fonctionnels qui président à la formation des sutures.

Elles réalisent des liaisons fibroscissiques dont l'activité ostéogénique est toujours engendrée par la croissance interstitielle d'organes de voisinage (127). L'os de membrane ne s'accroît qu'en surface alors qu'il est sculpté par une résorption modelante, obéissant en cela aux lois de WOLF (268), tant dans son architecture profonde que dans sa forme extérieure.

Le contrôle hormonal n'est pas aussi strict au niveau des os de membrane qu'au niveau des os de substitution.

V. 3.1.2. Les os de substitution

Partout où le squelette est soumis à des fonctions de frottement ou de pression on voit l'os protégé de cartilage. En effet, le cartilage est capable de s'accroître interstitiellement aussi bien qu'en surface, même si il est soumis à des pressions, ce qui le différencie du tissu osseux. L'étude mécanique sur modèle de plexiglass réalisée par KUMMER (145) confirme cette notion : le cartilage autorise une croissance squelettique même sous pression (18).

Ainsi, au niveau du crâne les synchondroses inter-sphénoïdale et sphéno-occipitale s'accroissent-elles en surface et interstitiellement.

L'hormone somatotrope hypophysaire préside à la chondrogénèse alors que l'érosion cartilagineuse et la maturation squelettique finale dépendent de l'hormone thyroïdienne (18).

Le contrôle hormonal est strict et permanent pour les synchondroses mais peu important après l'embryogénèse pour le tissu osseux. La détermination génétique est ainsi rigide au niveau des synchondroses mais diminue avec l'âge pour ce qui est du tissu osseux.

BAUME (17, 18) propose lui aussi, dans l'étude de la céphalogénèse de différencier les lieux d'accroissement osseux en centres de croissance squelettique et en zones de croissance squelettique, regroupant pour les uns les lieux d'ossification endochondrale, pour les autres les lieux d'apposition périostale ou suturale ainsi que de résorption osseuse susceptible d'être influencée par des facteurs mécaniques et fonctionnels (127) (Tableau III).

Nous n'envisagerons guère le stade "dynamique" de résorption osseuse dans notre étude de la croissance du chondrocrâne primordial qui réalise un ensemble cohérent, sans qu'à son niveau des liaisons fibrochondriques interviennent dans le plan sagittal.

V. 3.2. Le morcellement du chondrocrâne vers la dixième
semaine intra-utérine (55 mm TS).

A cette époque du développement trois événements morcellent le chondrocrâne.

V. 3.2.1. L'invagination fibrosique

à la jonction entre orbito-sphénoïde et pré-sphénoïde qui donnera la suture, et non la synchondrose, sphéno-ethmoïdale (265) dont l'angle diminue lors de la croissance (271).

V. 3.2.2. L'apparition dans la mandibule

au niveau des aponévroses des muscles masticateurs, de cartilages secondaires dont seul subsistera le point d'ossification condylien bilatéral lors du troisième mois intra-utérin.

V. 3.2.3. Les dégénérescences cartilagineuses dans la partie sphéno-occipitale

annonçant l'apparition de deux centres d'ossification : au troisième mois intra-utérin le basioccipital et au quatrième mois intra-utérin celui du basisphénoïde sous la selle turcique, centres osseux séparés par la synchondrose basicrânienne postérieure. Puis les centres ossifiés des orbitosphénoïdes progressent médialement à la rencontre du basisphénoïde qui évolue dans une direction crâniale et réalisent une synchondrose présphénoïde-postsphénoïde plus tardive.

C'est, nous l'avons dit, l'activité bipolaire de ces deux synchondroses, bien que soumises au même impact hormonal que les cartilages de conjugaison, qui détermine les plicatures basicrâniennes caractéristiques du développement humain.

V. 3.3. Au sixième mois de la vie extra-utérine

On observe alors la soudure des pré et post-sphénoïdes avec apparition de la crête synostosique (229) et début d'ossification du mésethmoïde vers la fin de la première année. Celui-ci maintient longtemps le centre de croissance représenté par la synchondrose septo-mesethmoïdale, le cartilage de la cloison nasale va alors fonctionner comme un centre de croissance du squelette facial dont l'étage moyen, ainsi que l'a révélé TALLGREN (247), s'allonge jusqu'à 50 ans.

V. 3.4. Vers la dixième année

Alors que le crâne a pratiquement terminé sa croissance (90 %), la face démarre pour sa phase finale mais sa position spatiale, en dehors de l'éruption dentaire et de la croissance maxillaire (237, 238), va dépendre de la croissance de la base à laquelle elle se trouve suspendue (64). En effet, ainsi que SCOTT (234) l'a bien montré, si la croissance de la base ne modifie pratiquement pas celle de la voûte et n'est guère en relation avec celle du cerveau, sa partie prépituitaire est en étroite dépendance avec le développement du squelette facial haut et celui-ci intimement lié à la brisure de la base entre les pré et postsphénoïdes. A ce niveau, si il n'existe pas de schéma directeur pour la croissance de la cavité hypophysaire, les études radiologiques d'ACHESON et ARCHER (1) montrent que l'augmentation de sa profondeur est la plus évidente quant à la vitesse lors de la poussée de croissance prépubertaire, augmentation due essentiellement à la résorption et au remodelage du dorsum sellae par une activité ostéo-clastique du plancher de la fosse.

Si, comme nous l'affirmions précédemment la base du crâne n'a terminé sa croissance que pour 90 % à l'âge de dix ans, c'est qu'à cet âge encore la synchondrose sphénooccipitale présente un potentiel de croissance propre.

A ce sujet, outre les études expérimentales chez l'animal (211), les correspondances anatomocliniques tirées de l'observation de chordomes malins sphénooccipitaux confirment la présence de la tige chordale dans la base crânienne (109). Il nous faut faire référence aux travaux radiologiques, anatomiques et histologiques de POWELL et BRODIE (215) sur 205 crânes masculins et 193 féminins de six à vingt et un ans, rapportant l'existence d'une différence sexuelle dans la fermeture de cette synchondrose : elle se ferait en moyenne entre treize et seize ans chez le garçon, entre onze et quatorze ans chez la fille, la fermeture pouvant être complète vers huit ans ou totalement inexistante encore à quinze ans. Récemment BIRTE MELSEN (177) a repris ce problème et confirmé les résultats précédents en apportant une description histologique du mode de fermeture. (Fig. 19 a à d)

V. 3.5. Sinus paranasaux et base du crâne

Ce chapitre d'Organogénèse ne saurait être complet sans évoquer le développement des sinus paranasaux. Il résulte si l'on en croit TARSOLY et KALOPOS (248) de l'activité ostéo-clastique des éléments cellulaires du périoste tapissant les éléments osseux des fosses nasales qui débute vers dix-huit mois, persiste vers quinze ans et disparaît à trente ans.

RADOJEVIC et JOVANOVIC (216) ont, en 1956, décrit l'ordre d'apparition et la fréquence des prolongements du sinus sphénoïdal chez l'Homme dont nous avons fait l'énumération dans le rappel des structures anatomiques de la base

intéressées par le plan sagittal du crâne.

La très belle étude de HINCK et HOPKINS (129) relative à la croissance du sinus sphénoïdal sur les clichés radiographiques en norma latéralis de 76 enfants sans symptomatologie pathologique de la sphère O.R.L., entre trois ans et l'âge adulte, prend pour référence la distance horizontale "1" entre le clivus sphénoïdal et la paroi postérieure du sinus. Celle-ci augmente de 1,4 mm par an entre trois et quinze ans. Cette distance "1" est de 21 mm (de 15 à 27) à trois ans et de 4 mm (de 0 à 12) chez l'adulte. Il est surprenant de remarquer que cette distance est toujours supérieure d'un mm chez le garçon, témoignant d'une pneumatisation moins importante. HINCK et HOPKINS montrent en outre que dans l'enfance la progression se fait par bonds plus que selon une croissance régulière. Cette loi de croissance se trouve d'ailleurs dans de nombreuses autres régions primordiales de la face (161).

La vitesse moyenne et le volume adulte du sinus sphénoïdal ne dépendent absolument pas de la distance "1" initiale

- 30 % des sujets masculins et féminins ont des sinus de type adulte et définitif à quinze ans,
- 17 % des sujets ont des sinus définitifs à quinze ans mais de type immature,
- 5 % enfin n'ont des sinus de taille définitive et de type adulte qu'après quinze ans.

Ainsi, et pour conclure, si l'on peut considérer le type squelettique crânio-facial comme déterminé à la naissance, les angles basicrâniens n'en varient pas moins jusque dans l'adolescence et sont soumis à l'influence de facteurs tant de pneumatisation, de statique crânio-rachidienne, que fonctionnels par leur relation avec l'étage digestif et maxillo-dentaire de la face sur lesquels nous reviendrons dans l'analyse de nos propres résultats.

CHAPITRE V

ONTOGENESE DE LA BASE DU CRANE ET PHENOMENES
PRESIDANT A SA CROISSANCE

Ainsi que nous l'avons fait dans l'exposé de l'Ontogénèse du crâne humain, nous limiterons ce chapitre à l'étude de l'évolution phylogénique de la base.

De même, ne seront développés ici que certains aspects de l'Anatomie Comparée du crâne, comme la pneumatization sinusienne, et nous préférons ne rapporter qu'un nombre limité des multiples transformations ayant présidé à l'hominisation de la tête, plutôt que de décrire par le détail les structures crâniennes des formes animales fossiles (38) ou récentes, voire des espèces fossiles préhumaines, à propos desquelles il existe par ailleurs nombre d'excellents travaux anthropométriques (56, 76, 194).

Dans la série des Vertébrés, le squelette céphalique est constitué d'une boîte ou neurocranium entourant et protégeant l'encéphale, à laquelle s'adjoint un ensemble de tiges rigides entourant le segment crânien de l'intestin et réalisant le splanchnocranium.

Phylogénétiquement, le crâne est plus récent que la corde dorsale, de même que le splanchnocranium est plus ancien que le neurocranium puisqu'il existe déjà chez les Prochordés et participe à la constitution de l'appareil respiratoire (16).

Sans reprendre le classique aphorisme selon lequel l'Ontogénèse résume la Phylogénèse, il nous faut néanmoins souligner qu'ici encore, le squelette céphalique est constitué initialement par une formation entièrement cartilagineuse, ou chondrocrâne, qui persiste seule pendant toute la vie chez les Cyclostomes et les Chondrichthyens (Poissons Elasmobranches) et qui est présent chez tous les embryons de Vertébrés Supérieurs (165).

Le neurocrâne cartilagineux ou crâne axial enveloppe l'encéphale, les organes de l'olfaction ainsi que de l'audition.

Il prolonge vers l'avant le squelette vertébral et enveloppe ainsi la région antérieure de la chorde.

DE BEER (22) fait cependant remarquer la présence de plaques osseuses recouvrant le corps et la tête des premiers Vertébrés que sont les Agnathes fossiles, alors que le crâne des Elasmobranches est entièrement cartilagineux bien que ces derniers soient vraisemblablement néoténiques.

L'opinion s'est faite selon laquelle, malgré l'accroissement plus aisé du cerveau dans un crâne cartilagineux, la chondrification du neurocrâne s'est réalisée en même temps que se sont développés les organes de l'équilibre qui exigent un support rigide pour fonctionner efficacement.

Le neurocrâne s'est donc constitué de façon indépendante et chronologiquement distincte de celle du squelette axial. Certes, la tête des Gnathostomes est segmentée jusqu'en arrière de l'hypophyse, là où se termine la chorde, ce qui implique une continuité entre les somites céphaliques et ceux du tronc, mais le nombre des segments primitifs de la tête des Vertébrés est variable, tant d'une classe à l'autre qu'entre espèces voisines (10) (7 segments et demi dans la tête de Scyllium, 9 et demi dans celle de Squalus alors que 5 vertèbres sont incorporées dans le crâne des Anoures, 9 chez les Lacertiliens et 10 chez les Oiseaux).

Ces éléments vertébraux constituent le néocrâne. Chez tous les Vertébrés la formation du chondrocrâne est précédée de l'apparition de capsules sensorielles, protégeant les diverticules du névraxe que sont les vésicules olfactives, optiques et otiques, et de celui de deux paires de pièces cartilagineuses que sont les trabécules préhypophysaires, rapidement prolongées vers l'arrière par les cartilages parachordaux de part et d'autre du segment terminal intracrânien de la notochorde.

Ces éléments se souderont en une lame basilaire pour constituer un véritable lit au tube encéphalique.

VI. 1. CHEZ LES POISSONS CHONDRICHTHYENS DONT LES SELACIENS (REQUINS, RAIES)

Le chondrocrâne axial est une boîte qui présente deux orifices sagittaux : le foramen préfrontal en avant, le trou occipital en arrière par lequel encéphale et moelle épinière sont en continuité (Fig. 20).

Son plancher est déprimé par une fosse profonde, la fosse hypophysaire et carotidienne, en avant de l'extrémité antérieure de la chorde.

VI. 2. CHEZ LES POISSONS OSSEUX OU OESTEICHTYENS ET LES TETRAPODES :

Le chondrocrâne est remplacé chez l'adulte par des pièces osseuses, dont les unes se développent à partir de points d'ossification apparus dans le cartilage, et les autres dans le tissu conjonctif sous-cutané.

Chez les Vertébrés actuels, c'est le crâne des poissons Téléostéens qui figure le maximum de complexité (la morue : *Gadus morhua*) (Fig. 21 a et b).

Le plancher neurocrânien osseux aligne d'avant en arrière le parasphénoïde et le vomer (os de membrane), ainsi que le basioccipital (os de cartilage).

En avant, existe le mésethmoïde ou ethmoïde médian, os lui aussi de substitution.

En arrière, le trou occipital est délimité par quatre os à modèle cartilagineux :

- en bas : le basioccipital,
- latéralement : les deux exoccipitaux,
- en haut : le supraoccipital.

C'est de l'arc mandibulaire splanchnocrânien que dérive le squelette des mâchoires, dont les prémaxillaires et maxillaires de la mâchoire supérieure. En dessous de ces os on décrit les palatins (à la fois os de membrane et os de substitution), les ectoptérygoïdes et endoptérygoïdes (os de membrane), les métaptérygoïdes (os de substitution) et enfin les carrés plus postérieurs (os à matrice cartilagineuse). Tous sont articulaires avec le palato-carré.

VI. 3. CHEZ LES AMPHIBIENS ACTUELS :

Le chondrocrâne ne s'ossifie que partiellement. Dans la région occipitale, seuls persistent les exoccipitaux qui portent chacun un condyle articulé avec la première vertèbre cervicale qui n'est pas homologue de l'atlas des mammifères car les trois paires de racines cervicales qui sortent en arrière d'elle correspondent à l'hypoglosse des amniotes. (Chez les Stégocéphales on trouve un troisième condyle au niveau du basioccipital qui s'ossifie dans cette espèce) (Fig. 22 a et b).

Le chondrocrâne reste largement ouvert à sa face ventrale dans la région hypophysaire (Fig. 22 c). Le palato-carré est soudé à la face inférieure du neuro-crâne, impliquant l'articulation autostylique de la mandibule.

En avant on décrit un sphénethmoïde. Chez les Urodèles, l'ossification de cette région réalise un orbitosphénoïde, alors qu'autour du palato-carré s'organisent intermaxillaire, maxillaire, ptérygoïde et quadrato-jugal. Au niveau de la face ventrale de la base, le parasphénoïde renforce le chondrocrâne, avec en avant de lui palatins et prévomere (Fig. 22 c).

VI. 4. CHEZ LES AMNIOTES :

Les ouvertures qui, au sein des os de membrane de la convexité, édifient les fosses temporales, délimitent des arcs osseux qui renforcent le crâne et supportent les mâchoires en même temps qu'ils délimitent l'orbite.

VI. 4.1. Chez les Reptiles comme chez tous les Sauropsidés :

Le crâne, par sa base, n'est articulé avec la colonne vertébrale que par un seul condyle.

Chez eux, on décrit deux types fondamentaux de crânes, selon la soudure ou non du carré à la base.

VI. 4.1.1. Lacertiliens et Ophidiens (Serpents)

ont un crâne fenêtré avec un carré articulé avec le ptérygoïde qui porte des dents chez les Ophidiens (Fig. 23 a et b).

VI. 4.1.2. Chéloniens et Crocodiliens

possèdent quant à eux un crâne massif avec un carré qui lui est soudé.

VI. 4.1.2.1. chez les Chéloniens

la région occipitale est de nouveau constituée par quatre os : basioccipital, exoccipitaux et un supra-occipital très allongé en direction cranio-caudale et sur lequel s'insèrent les muscles du cou.

Basisphénoïde et parasphénoïde sont alors soudés tandis que la face ventrale du crâne est fermée par les palatins et les ptérygoïdes (Fig. 24 a)

VI. 4.1.2.2. chez les Crocodiliens

le crâne des Crocodiliens est plus allongé que celui des Chéloniens, surtout dans la région maxillaire : os palatins et ptérygoïdes se trouvent ainsi refoulés vers l'arrière en direction basale, tandis que intermaxillaire et maxillaire se soudent sur la ligne médiane. Il existe désormais un palais osseux qui n'est interrompu qu'au niveau des orbites.

Bouche et fosses nasales sont alors séparées par la cloison horizontale que constitue la soudure des ptérygoïdes et des palatins : les choannes s'ouvrent ainsi dans le pharynx (36), séparés par la cloison médiane que constituent vomer et lame perpendiculaire de l'ethmoïde.

VI. 4.2. Le crâne des Oiseaux :

il est très analogue à celui des Reptiles, mais on assiste à la soudure des os entre eux avec disparition des sutures. C'est là la conséquence de la pneumatisation des os du crâne, qui remodèle le diploé pour assurer une communication ininterrompue entre les pièces osseuses (121).

Les os du cartilage que sont l'orbitosphénoïde et la portion méséthmoïdale du présphénoïde fusionnent pour donner la cloison inter-orbitaire.

Le plancher du crâne est constitué, chez l'adulte, d'un os mixte résultant de la coalescence des basi et parasphénoïdes (Fig. 25).

VI. 4.3. Le crâne des Mammifères :

il est bâti sur le même type fondamental que celui des Reptiles et articule des pièces squelettiques qui témoignent d'une fusion encore plus importante des centres d'ossification initiaux (Fig. 26).

Si l'occipital résulte de la soudure d'os de cartilage (supraoccipital, basioccipital et une paire exoccipitaux), il en est de même du sphénoïde qui résulte de la fusion des différents os du groupe sphénoïdal avec les ptérygoïdes.

La soudure d'os primitivement indépendants se produit à des moments différents selon les espèces au cours de leur développement embryonnaire.

Les éléments osseux rencontrés dans le plan sagittal au niveau de la base crânienne des Mammifères

ont fait l'objet de nombreuses études (55). Pour leur part, DELATTRE et FENART (86) reprenant les études de DELATTRE et DAELE (85) ont montré la rotation globale de l'occipital autour de l'axe vertibien de PEREZ, qui réunit les centres des canaux semi-circulaires horizontaux.

L'écaille d'origine cartilagineuse s'abaisse et s'écarte du vertex crânien alors que simultanément l'écaille membraneuse sus iniaque, qui existe déjà chez les singes inférieurs et dont l'ampliation est maximum chez l'homme, se développe et grandit en sens opposé.

Depuis les Carnivores, l'inion tourne en arrière et en bas de plus de 70°, pour prendre la position qu'il occupe dans le crâne humain (Fig. 27).

Le basioccipital s'élève, réduisant l'angle sphéno-occipital, alors que l'ethmoïde descend ouvrant l'angle sphéno-ethmoïdal.

Au total, l'étage postérieur, par la loge cérébelleuse qui le constitue, bascule de 70° autour de l'axe vestibien depuis la verticale qui caractérise les Carnassiers, entraînant l'abaissement de la partie supérieure et postérieure des rochers et l'élévation de leurs sommets inférieurs et antérieurs accompagnés du basioccipital pour aboutir à un étage postérieur quasi horizontal, caractéristique des Hominiens.

Les fosses sphénotemporales de l'étage moyen, alors qu'elles ne sont qu'ébauchées chez les Carnassiers, deviennent de plus en plus marquées. C'est la pénétration progressive du "coin sphénoïdal" dans la cavité crânienne qui donne cette impression de creusement des fosses sphénotemporales, dont le plancher, en fait, ne se déplace pas et dont seules les parois antérieures et internes s'élèvent.

L'angle sphénoïdal se ferme par ascension de son sommet et entraîne un glissement des grandes ailes du postsphénoïde sous les petites ailes du présphénoïde avec une fente sphénoïdale qui grandit pour voir ses dimensions maximales dans le crâne humain (208).

L'étage antérieur, représenté par le planum sphénoïdal et le crible ethmoïdal, remonte vers le plan vestibulaire horizontal de GIRARD, l'atteint voire le dépasse chez l'homme : cet étage antérieur est alors bien plus élevé que l'étage postérieur qui, lui, ne cesse de descendre.

Bien sûr, non moins importants sont les travaux traitant des corrélations cranio-faciales selon les différents types de profils. Ils témoignent, en outre, tant de la projection en direction craniale du rhinencéphale, que d'une mécanique manducatoire et d'une répartition zoogéographique particulière.

Dans sa communication sur l'"X" de la base du crâne, VASSAL (257) fait remarquer que l'angle bipétreux dans le plan horizontal se ferme à mesure que le museau des singes s'allonge, phénomène accompagné d'une augmentation de la longueur clivienne et d'un recul du foramen magnum.

WANGERMEZ (261) dans une importante étude radiologique de l'Ontogénèse Comparée des différents segments de la base du crâne chez l'Homme et les Anthropomorphes en 1962, montre que chez l'adulte, il existe des différences marquées entre l'homme et les singes voisins, quand elles n'existent pas entre les espèces de singes en ce qui concerne l'angle nasion-opisthion-basion et l'angle entre l'étage antérieur (figuré par le segment nasion-éphyppion) et le plan du trou occipital (figuré par le diamètre basion-opisthion).

Ce résultat s'applique à un moindre degré, aux angles basion-éhippion-Nasion et planum-clivus.

L'angle clivo-foraminien présente un léger décalage entre les différentes espèces d'Anthropomorphes, mais également un discret chevauchement chez l'Homme.

Par ailleurs, cet auteur affirme la variation sexuelle plus importante des angles relatifs au foramen magnum que celle des angles limités strictement à la base. Ceux-ci paraissent également plus stables, lors de la croissance, que les angles faisant intervenir le plan foraminien tant chez les Anthropomorphes que dans l'espèce humaine.

DARDENNE (75) plus récemment applique la méthode vestibulaire à l'étude des principaux paramètres sagittaux, faciaux et crâniens.

Conjointement à ces recherches, essentiellement biométriques, les tentatives d'explication morphophylogénétique se sont multipliées.

En 1959, les Travaux de GLÓSZ et FEHER (118) sur le cheval, la vache, le porc et le chien concluent à la relation entre poids et taille de l'hypophyse et les dimensions de la selle turcique dans ces espèces ; ces auteurs soulignent en outre l'intervention des contraintes mécaniques telles les forces musculaires des masticateurs (98, 110) et les forces statiques auxquelles se trouve soumis le sphénoïde, sur la structure architecturale de cette pièce osseuse.

En 1962, GLÓSZ (117) analyse les rapports du basisphénoïde avec les organes intracrâniens chez les Bovidés, les Porcins, les Carnassiers et les Singes. La même année, JOVANOVIĆ et ses Collaborateurs (134) s'attachent à l'étude de la position de l'ostium sphénoïdale dans les différentes espèces de Mammifères et chez l'Homme. Ils remarquent

alors que plus l'angle sphénoïdal est petit, plus l'ostium est haut situé par rapport à la paroi postérieure du recessus sphéno-ethmoïdal ; la position haute de l'ostium serait ainsi non seulement conséquence de la cyphose basi-crânienne, qui persiste même après la croissance chez l'Homme et les Anthropomorphes juste en dessous et en avant de la selle turcique (234), mais aussi du développement du sinus sphénoïdal qui tend à le rapprocher du toit de la cavité nasale .

Toujours en 1962, SEKULIC (235) montre les rapports entre l'angle sphénoïdal et le développement des sinus sphénoïdaux, ainsi que la fixité relative de cet angle chez l'Homme et les Animaux.

SEKULIC fait intervenir dans ses mesures, l'angle sphénoïdal tel que VIRCHOW et WELCKER l'ont décrit : l'angle nasion externe-éphyppion-basion (Fig. 28).

Alors que chez l'Homme cet angle est presque toujours ouvert vers le bas, il est très variable selon les espèces animales, mais peu variable au sein d'une même espèce. Cet angle peut-être ouvert vers le haut (chat, panthère) ou avoir ses deux côtés alignés (renard, cerf, blaireau). Peu marqué chez le mouton et chez le chien, il est de plus en plus ouvert vers le bas chez le boeuf puis le porc et le singe.

SEKULIC remarque, entre autre, que chez les animaux dont la base du crâne est une ligne droite ou presque, il n'existe pas de sinus sphénoïdaux, la base du crâne étant constituée par deux tables de tissu compact avec peu de tissu spongieux.

Chez l'Homme et les Animaux dont la cyphose basale est plus ou moins marquée, qu'elle soit ouverte vers le haut (chat) ou vers le bas (porc), les sinus sphénoïdaux existent.

Cette pneumatisation est d'autant plus grande que l'angle sphénoïdal est plus aigu ; il en est de même de la pneumatisation des autres cavités paranasales.

SEKULIC dégage alors une loi s'appliquant aux Mammaliens : de l'angle sphénoïdal dépend l'existence des sinus sphénoïdaux.

Nous reviendrons dans l'analyse de nos résultats sur cette interprétation univoque des relations entre l'importance de la pneumatisation sinusienne et l'angle de la base. Enfin, nombre de chercheurs ont avancé la participation de multiples autres facteurs sur la "cyphose" basi-crânienne.

Nous ne citerons que LEROI GOURHAN (158, 159) dans son étude de l'influence de la denture sur la face osseuse et sur la base du crâne, ANTHONY (5) évoquant l'intervention combien contestée des facteurs encéphaliques sur la brisure de la base des primates, PIEDELIEVRE (212) et ses collaborateurs qui montrent en 1948, le peu de changement dans la capacité crânienne depuis les races préhistoriques, tandis que le volume facial a particulièrement régressé jusqu'aux races actuelles, régression qu'ils attribuent à la réduction de la fonction masticatrice.

PELERIN (208) dans une thèse soutenue en 1967, propose un certain nombre de facteurs ayant concouru à la transformation morphologique du sphénoïde durant la phase d'hominisation chez les Anthropomorphes :

- l'augmentation du volume cérébral, surtout néopallium, entraînant un rabattement des toits orbitaires et élargissement biptérique.

- la rotation occipitale avec creusement des fosses sphénotemporales, entraînant une élévation relative du corps du sphénoïde et la genèse de la fente sphénoïdale.

- le recul et la réduction maxillaires avec verticalisation et élévation des faces orbitaires.

- la gracilisation des structures osseuses céphaliques.

- l'apparition des facteurs spécifiques que sont le degré de pneumatisation et la projection orbitaire vers l'avant (facteur repris nous le verrons par SPATZ).

Nous l'avons cité par ailleurs, lors de la rotation occipitale, la brisure se fait entre pré et post-sphénoïdes; les petites ailes suivent la destinée du pré-sphénoïde, les grandes ailes celle du postsphénoïde.

Le coin sphénoïdal ainsi apparu va subir une rotation vers l'arrière et le haut, entraînant une augmentation progressive de la profondeur de la fosse temporale moyenne.

Le viscérocrâne se modifie également au cours de l'Evolution et son mode d'articulation avec le neuro-crâne n'a pas été sans retenir l'attention des Anthropologues.

Les travaux concernant les rapports et les conséquences de la suspension faciale à la base neuro-crânienne sont nombreux.

Nous ne retiendrons que l'étude de l'articulation entre le mésethmoïde et le présphénoïde que MONTAGU (185) a réalisé vers 1943 chez les primates, et, plus récents, les résultats de W.V. SPATZ (244) concernant la participation de l'appareil de l'olfaction et celui de la vision dans la morphogénèse céphalique.

SPATZ fait remarquer que le bord ventral du septum nasal fait partie de la base crânienne au même titre que le basi-occipital, le basi-sphénoïde et les présphénoïdes. La rotation frontale et l'acquisition d'une vision stéréoscopique entraîne une bascule ventrale du squelette nasal et maxillaire, proportionnelle à l'évolution de l'olfaction et de la vision depuis les Insectivores jusqu'aux Primates. Ainsi la pente du clivus chez *Tarsius* et les Catarrhiniens est-elle due à une élévation totale du cerveau par des yeux entièrement sous cérébraux, tandis que chez *Loris* les grands yeux sont rejetés dorsalement au cerveau alors que le museau est allongé.

Pour cet auteur, l'angle clivo-sphénoïdal signe une déclinaison du crâne chez l'Homme par l'extraordinaire développement cérébral. La formation de cet angle chez les non Hominiens reste discutée. SPATZ conclue alors que la morphologie crânienne et le port de tête confirment l'importance des yeux et du type de vision dans la constitution sagittale du crâne des primates.

Nous abordons dès lors la notion de port de tête et ne pouvons négliger dans ce chapitre, dont le terme est l'hominisation du crâne (89), de rapporter malheureusement de façon trop incomplète l'étude magistrale de l'acquisition de la station érigée réalisée en 1958 par A. DELMAS (90) et la tentative d'analyse expérimentale de la station debout que viennent de publier R. FENART et P. DESTOMBE (103).

Il faut, avant d'aborder cette dernière étape phylogénique, préciser que la capacité crânienne certes est fonction du volume cérébral (3), mais que ce dernier n'affecte guère la forme du volume céphalique. Cette forme est essentiellement en rapport avec le mode de station et de locomotion. Bien au contraire, dans une espèce, c'est la forme définitive du crâne, après maturation osseuse, qui va modeler la masse cérébrale. Ainsi la rotation occipitale vers

l'arrière et le bas que nous avons déjà décrite intervient chez les Primates en refoulant le cerveau vers le haut.

Durant la Phylogénèse, ce n'est ni le crâne qui conditionne exclusivement le volume cérébral, ni le cerveau qui détermine la forme du crâne. Si le cerveau implique la nécessité d'une transformation crânienne, le cosmos, comme le dit DELATTRE (89), par la gravitation, présidera aux modifications morphologiques du crâne, reprenant ainsi une idée déjà exprimée par LEROI GHOURHAN (159).

Il n'est pas moins vrai que la gravitation ne modifie pas les structures crâniennes vers la seule bipédie humaine, et il suffit pour s'en convaincre d'observer la bipédie aviaire et le mode particulier de locomotion qu'est le vol chez ces animaux qui conservent alors une orientation labyrinthique identique à celle du repos.

Nous l'avons vu, le degré de bascule occipitale est un caractère fondamental des Primates. L'angle foraminien limité par le plan du canal semi-circulaire externe et celui du foramen magnum depuis des valeurs supérieures à 90° chez les Mammifères inférieurs (le foramen fait partie de la voûte chez les cétacés !!) tend vers 0° chez l'Homme. Il est à noter que cet angle, depuis des valeurs souvent supérieures à 60° chez le fœtus humain de 6 semaines, de 20° environ à la naissance, n'atteindra sa valeur définitive de 6° en moyenne qu'après la seconde année.

De même, l'Ontogénèse Comparée nous permet d'observer chez l'Homme une discrète ouverture de l'angle sphénoïdal dans la période anténatale, alors que cet angle se ferme après la naissance, tandis que l'ensemble de la base s'élève et que le centre de la selle turcique dépasse vers le haut le plan vestibulaire horizontal. C'est la branche clivienne du compas sphénoïdal qui se redresse et s'allonge, alors que la branche du planum s'abaisse fortement.

Normalement, l'angle sphéno-ethmoïdal n'existe pas chez Homo.

Chez les Anthropoïdes que sont gorille et chimpanzé, le crible, plus court que chez l'Homme, s'abaisse au cours de l'Ontogénèse, entraînant la partie pré-sphénoïdale de la fosse pituitaire qui regarde donc en haut et en avant dans ces espèces à l'âge adulte. Le centre S de la selle s'abaisse sous le plan vestibulaire horizontal lors de leur ontogénèse.

Chez ces deux espèces anthropoïdes, le planum est convexe alors que le clivus sphéno-occipital est concave. Le clivus s'allonge d'avantage que le planum qui reste néanmoins plus grand que celui de l'Homme.

Lors de la croissance, le planum voit son angle avec l'horizontale vestibulaire externe augmenter alors que le clivus a tendance à s'horizontaliser avec une vitesse inversement proportionnelle, très rapide en fin de croissance pour le clivus. Le plan foraminien se verticalise et ascensionne simultanément. L'abaissement du bec sphéno-ethmoïdal entraîne la descente du crible qui reste horizontal d'où l'apparition progressive d'un angle ethmoïdo-sphénoïdal, qui s'ouvre vers le haut et l'avant chez les Anthropoïdes.

Chez le gorille et le chimpanzé, l'angle sphénoïdal s'ouvre donc au cours de l'Ontogénèse, ceci surtout au niveau de la branche clivienne du compas, et plus rapidement en fin de croissance.

Primitivement, l'angle sphénoïdal regarde en bas et en arrière chez l'adulte (Fig. 29 a à d). L'angle opistho-clivien entre clivus et foramen (20^4) ne varie guère pendant la croissance chez les Anthropoïdes comme dans l'espèce humaine. C'est la colonne vertébrale cervicale, puissamment

amarrée à la base du crâne, qui entraîne chez l'Homme érigé en bipède l'enroulement occipital postéro-inférieur de la base du crâne (241), lequel se répercute à toute l'architecture de cette base, alors que les Anthropoïdes n'évoluent que vers une quadripédie certes incomplète.

Nous rappellerons une fois encore qu'il est contestable d'attribuer à l'encéphale une poussée qui fermerait l'angle sphénoïdal au cours de la Phylogénèse et l'ouvrirait au cours de l'Ontogénèse comme nous venons de le voir chez les Anthropoïdes mais aussi chez l'Homme (démonstration expérimentale par la création d'hydrocéphales lents et rapides par FENART et DESTOMBES) (103).

Après cette mise au point que nous pensons indispensable sur les différences ontogéniques essentielles entre les Anthropoïdes et l'Homme, nous concluerons par le récapitulatif rapide de l'évolution phylogénétique de la base crânienne chez les Mammifères Supérieurs.

Rectiligne et oblique vers le bas chez les Carnassiers, clivus et planum y sont alignés et plongent vers le bas et l'avant, réalisant une véritable poutre sur laquelle repose l'hypophyse. La base et la voûte palatine sont parallèles, le couloir nasal étroit et les apophyses ptérygoïdes courtes.

La base crânienne est horizontale chez les Bovidés, et cette horizontalisation a trois corollaires :

- l'agrandissement des fosses nasales avec allongement des ptérygoïdes et augmentation de la hauteur du couloir nasal,

- une élévation du planum refoulée à la partie frontale et olfactive du télencéphale,

- un abaissement du basion entraînant le foramen magnum qui regarde alors vers le bas et l'arrière.

Chez les Primates, cette rotation, horaire sur un profil gauche, d'une base rectiligne est freinée au niveau de sa partie antérieure (planum), alors que la partie postérieure ou paléo-occipitale suit sa translation circulaire entraînant la loge cérébelleuse. Il en résulte la brisure caractéristique au niveau de la fosse hypophysaire.

Le planum continue néanmoins à s'élever très légèrement et l'hypophyse se trouve ainsi refoulée en haut et en arrière. C'est alors que le corps du sphénoïde prend la forme de coin qui lui a valu son nom (207).

Cette élévation du sommet de l'angle est responsable de la formation chez les Primates des deux fosses sphéno-temporales. Ainsi, la loge postérieure cérébelleuse, séparée qu'elle est de la loge cérébrale par la tente du cervelet, verra cette cloison dure-mérienne successivement verticale chez les Carnivores, oblique vers l'avant et le bas chez les Primates, horizontale chez l'Homme.

L'étage moyen temporal existe chez les Carnivores mais ne plonge guère en dessous du niveau de la fosse pituitaire. Ici encore, c'est la fermeture de l'angle pré et post-sphénoïde qui fait surgir en avant des deux cupules sphéno-temporales du Carnassier les margelles décrites chez les Primates, puis les véritables murs chez les Hominien, que sont les grandes ailes annexées au post-sphénoïde avec l'accroissement inévitable des fentes sphénoïdales qui les séparent des processus orbito-alaires du pré-sphénoïde.

Enfin, nous avons vu que le crible et le planum, solidaires des petites ailes, remontent légèrement vers l'horizontale vestibulaire, qu'ils atteignent quasiment chez l'Homme, décalant ainsi vers le haut l'étage antérieur.

Au total, la brisure sagittale entre pré et post-sphénoïde, maximum chez l'Homme, entraîne la formation du côté endocrânien des trois paliers de cet escalier que

nous avons décrit par ailleurs au niveau des loges frontale, sphéno-temporale et cérébelleuse de la base, alors qu'au niveau de son versant exocrânien, la conséquence majeure de cette angulation basi-crânienne est l'augmentation du diamètre vertical des fosses nasales avec l'étiement en hauteur des apophyses ptérygoïdes.

CHAPITRE VII

APPROCHE HISTORIQUE DE LA FIGURATION ET DE L'ANALYSE
DES ANGLES BASI-CRANIENS

Ainsi que nous venons de le décrire, les transformations de la base du crâne au cours de l'Evolution se résument essentiellement en une brisure entre le plan clivien et celui du planum. Elle détermine la formation d'un angle : l'ANGLE SPHENOÏDAL.

VII. 1. LA FIGURATION DES ANGLES DE LA BASE

Si dès 1489 Léonard de Vinci, dans ses planches mémorables de la base du crâne, montrait l'existence de la charnière crânio-vertébrale et celle de la plicature du sphénoïde, c'est à HERMANN WELCKER (1822-1897) et à RUDOLF, LUDWIG, KARL VIRCHOW (1821-1902), Professeur de Pathologie à WÜRZBURG puis à BERLIN, que nous devons les premières études craniométriques et analytiques de cet angle, réalisées voilà plus d'un siècle.

Rapidement, Anthropologistes et Anatomistes proposèrent des limites très différentes dans l'appréciation de l'angulation basicrânienne de l'Homme, que tous néanmoins s'accordèrent à décrire comme étant la plus fermée au sein des espèces mammaliennes.

En effet, selon les points crâniens envisagés, il est possible de distinguer plusieurs définitions et représentations figurées de la plicature de la base du crâne.

La détermination la plus classique demeure celle de WELCKER et VIRCHOW : du sommet de l'angle qu'est l'EPHIPION, la branche antérieure gagne le nasion externe, la branche postérieure le basion (Fig. 30 a). Il s'agit donc d'une valeur de mensuration qui ne correspond en rien à la dimension vraie de l'angle sphénoïdal.

Si l'étude de cet angle se fait le plus souvent au niveau du plan sagittal de la tête, certains auteurs en ont proposé des techniques d'investigation se référant aux structures périphériques du neurocrâne.

Ainsi, en 1865, BROCA P. (43) décrivait un moyen et un appareillage permettant, sans ouvrir le crâne, de mesurer l'angle sphénoïdal qu'il devait ensuite comparer aux angles occipitaux-basilaire dont l'Anthropologie lui doit la description ainsi qu'au plan horizontal qu'il venait de définir (46).

Peu après, en 1885, reprenant les instructions craniométriques de BROCA, TOPINARD (252) complète la nomenclature craniologique et figure la surface basale du crâne dont il étudie la courbe brisée suivant une série de points : basion, éphippion mais aussi "sphénion" et "point supérieur du plan d'entrée de la fosse ethmoïdale".

Rapidement la signification des différents angles proposés au niveau du sphénoïde se trouve critiquée et en 1898 PAPILLAUT (205) reproche à WELCKER et VIRCHOW d'avoir centré leur angle sur un point très proche de la crête synostosique, laquelle témoigne, nous le savons, de la soudure entre pré et postsphénoïdes, d'où sa variation due à la genèse de ces deux modèles présidant à l'ossification du sphénoïde.

PAPILLAUT fait également remarquer que la branche postérieure, Ephippion-basion, de l'angle de WELCKER ne témoigne guère de la direction réelle de la table endocrânienne du clivus.

L'angle sphénoïdal de BROCA ne lui paraît pas plus significatif puisque le sommet en est fixé au milieu de la gouttière optique et subit l'impression d'un chiasma nerveux, donc d'un facteur non osseux. Alors PAPILLAUT

propose de nouvelles limites à l'angle qui nous préoccupe : sa branche antérieure et supérieure doit être confondue avec la ligne "horizontale" (dite de BROCA) unissant le trou optique au centre de l'orbite, préférant cette direction à celle des faces supérieures de l'ethmoïde ou du sphénoïde qu'il considère comme trop petites pour être appréciées... (Fig. 30 b). Si la critique se doit d'être scientifique, la courtoisie, en ce temps, n'en reste pas moins de règle.

Au total, PAPILLAUD décrit donc un premier angle ouvert en avant, entre l'axe rachidien cervical et le clivus avec son sommet au basion : c'est l'angle de la brisure nuchale ; il propose également une seconde angulation, ouverte vers le bas, correspondant à un angle sphénoïdal dont nous venons de définir les branches. Nous reviendrons par ailleurs sur les facteurs morphogénétiques proposés par cet Anthropologiste dans son explication de la brisure basi-crânienne.

Un autre système angulaire est ensuite proposé par BROCA et repris par LANDZERT (222) qui ne considèrent plus des points mais des droites. Ainsi l'axe du planum et celui du clivus de BLUMENBACH (29) définissent dans le plan sagittal l'angle de LANDZERT, sans tenir compte du relief des apophyses clinoides essentiellement postérieures (Fig. 30 c).

Récemment AUTISSIER (15) a montré la cause d'erreur qu'introduit l'utilisation de la branche postérieure de cet angle car souvent le clivus est coudé au niveau de la synchondrose puis de la synostose sphéno-occipitale.

De même, FICK (222) soulève la difficulté que l'on peut rencontrer dans l'appréciation de la direction d'un planum qui peut être courbe. Il propose dans ce cas de mener par le nasion externe une droite qui lui est tangente : ainsi se trouve formé l'angle de FICK (Fig. 30 d).

En 1946, BEAUVIEUX (21) propose de mesurer l'angle de la base entre les tables endocrâniennes du pré-sphénoïde et du postsphénoïde par rapport à un plan qu'il suppose fixe : plan nasion-opisthion (Fig. 30 e).

PANKOW (200) reprend dès 1951 la construction de l'angle de LANDZERT qu'il détermine radiographiquement sous le vocable d'angle γ_1 (Fig. 30 e). Cet auteur écrit également un angle γ_2 de la base dans un plan tomographique oblique puisque sa branche postérieure est dans le plan du clivus mais sa branche antérieure se trouve déterminée par l'inclinaison du bord postérieur de l'apophyse clinofide antérieure et de la petite aile du sphénoïde.

SCHWOR et BONDUEL (222) font également intervenir le klithion, ou sommet des clinofides postérieurs, pour définir un nouvel angle basal, sagittal cette fois, joignant ce point au nasion et au basion (Fig. 30 f).

KUMMER (144) en 1952, reprenant les travaux de TOPINARD associe à l'étude de la base crânienne celle de l'angle plano-criblé.

Déjà TOPINARD (252) voyait dans son ouverture un facteur d'orientation humaine de la face.

KUMMER (144) ajoute donc aux deux côtés de l'angle de LANDZERT la direction du crible tendue entre le point sphéno-ethmoïdal en arrière et l'intersection de la droite "pharyngienne" qui limite la face exocrânienne du basisphénoïde et du basioccipital avec le crible en avant (Fig. 30 g).

BEAUVIEUX (21) en 1946, DELATTRE (83) en 1951 et ANTHONY (5) en 1952 apportent leur contribution à l'étude de l'angle plano-clivien.

Nous l'avons vu, BEAUVIEUX (21) considère comme AUTISSIER (15) que la branche postérieure de l'angle sphénoïdal s'arrête vers le bas au sphéno-basion. Il compare alors les directions du clivus postsphénoïdal et du planum présphénoïdal au plan nasion-opisthion généralement parallèle au plan vestibulaire horizontal chez Homo (Fig. 30 e). Il montre en outre que la direction du crible ethmoïdal est perpendiculaire à celle du canal incisif ou canal palatin antérieur (Fig. 30 h).

AUTISSIER (15) pour sa part, prolongeant ses travaux sur l'angle plano-criblé, conclue en 1955 que les modifications du massif facial ne semblent pas influencer cet angle qui ne varie guère pendant la croissance.

C'est à la même époque que BJÖRK (26, 27) fixe au point central de la selle turcique le sommet d'un angle qui gagne d'une part le basion, d'autre part le nasion externe (Fig. 30 i), alors que OLIVIER propose un angle ayant toujours son sommet au point central de la selle avec un côté postérieur passant par le basion mais dont la branche antérieure gagne le nasion interne ou le point criblé postérieur selon que l'on désire en dissocier ou non le crible (Fig. 30 j). Nous l'avons déjà dit, THILLOY (251) a montré depuis, sur la population qui constitue le matériel de notre étude, la corrélation très significative qui unit le nasion externe, de repérage très aisé, au nasion interne, point essentiellement construit sur la table osseuse endocrânienne. Notons en 1956 l'affirmation de MARONNEAUD (172) selon laquelle malgré l'absence de valeur absolue de tout repère craniométrique, la ligne de référence que propose alors DE COSTER (67) doit être considérée comme la ligne d'orientation la plus stable au niveau de la base. Elle correspond à l'intersection de la table osseuse endocrânienne avec le plan sagittal médian au niveau de la lèvre antérieure de la selle, puis suit le limbus et le jugum, intéresse la suture sphéno-ethmoïdale et gagne enfin le trou borgne ou

foramen coecum entre ethmoïde et frontal.

Elle intéresse ainsi trois os que sont sphénoïde, ethmoïde et frontal. Pour DE COSTER cette ligne serait achevée dans sa génèse dès l'âge de 6 ou 7 ans et serait héritée du père ou de la mère ; elle pourrait servir de référence pour la superposition de téléradiographies d'un même sujet pris à des âges différents.

HOPKIN (130) en 1962 fait remarquer qu'en utilisant cette ligne pour les superpositions, le nasion se déplace vers l'avant de la ligne centre de la selle-Nasion externe, infirmant ainsi la valeur du segment S-Nasion externe que BJÖRK propose comme ligne de référence et qu'il devait récuser lui-même dans une communication ultérieure en montrant que le nasion pouvait monter ou descendre par rapport à la base crânienne pendant la croissance.

HOPKIN conclut donc : "l'utilisation de la ligne de DE COSTER pour la superposition d'une série de tracés téléradiographiques est une amélioration de la ligne S-Nasion. Elle supprime le facteur variable du crâne et elle est basée sur la région intracrânienne qui est relativement stable après la septième année".

Pour en terminer, citons l'angle Basion-S-Nasion externe construit par SCHULLER (222) sur le cliché téléradiographique de profil (Fig. 30 k) et l'angle Ω que FERNEX et KONFINO (107) ont décrit en 1962, dont la branche postérieure unit le point O du bord antérieur de la gouttière optique au basion et dont la branche antérieure, depuis ce point, suit la direction du planum sphénoïdal (Fig. 30 l).

VII. 2. L'ANALYSE

En dehors de cette approche purement cranio-métrique de l'angle de la base du crâne (92, 209), Anthropologistes, Anatomistes et Orthodontistes ont tenté d'en définir et d'en quantifier les facteurs morphogénétiques.

Nous l'avons déjà cité, PAPILLAUT (205) insiste sur l'influence antagoniste du développement cérébral tendant à fermer l'angle au niveau de sa branche supérieure et du développement du coin facial, tendant pour sa part à l'ouvrir au même niveau. Cet auteur souligne également les relations entre l'angle clivo-horizantal de MANOUVRIER (170), supplémentaire de l'angle de WELCKER et l'indice cranio-facial qui évoluent dans le même sens ; PAPILLAUT conclut : "si l'individu associe une face et une fonction masticatoire peu développées à une charpente osseuse puissante, on observe un angle clivo-horizantal grand, donc un angle basal fermé avec de grands sinus sphénoïdaux. Par contre, si les os sont faibles et la base mince, les sinus seront peu développés et l'angle basal très ouvert".

Ces conclusions ont été depuis confirmées : en 1924 par LAFITE DUPONT et SEKULIC (147), dans la communication magistrale faite par SEKULIC (235) en 1962.

Bien sûr les corrélations crânio-faciales évoquées par PAPILLAUT ont suscité nombre de recherches : ainsi dès 1949 KHERUMIAN (137) analyse quelques indices cranio-faciaux puis MAJ et MUZJ en 1951 (167) comparent quelques corrélations cranio-faciales aux différents types de profil, FEREMBACH (105) en 1956, RIGAUD et ses collaborateurs (225) en 1962, BONJEAN (31) et son équipe en 1963, MIDY (180) en 1966 ainsi que COUSIN, DARDENNE, DELATTRE et FENART (71) qui confrontent les corrélations cranio-faciales au système des coordonnées vestibulaires qu'ils proposent.

Les malformations de la charnière cervico-céphalique n'ont pas été sans attirer l'attention dans leurs effets sur la brisure basicraniale et il nous faut mentionner ici les communications de RICARD et coll. (224), de LHERMITTE (160) en 1950 ainsi que l'hypothèse émise en 1960 par SERCER et KRMPOTIC (240, 241) quant à l'influence statique et dynamique de l'axe cranio-vertébral sur l'angulation de la base lors d'observations d'ostospongiose au niveau de celle-ci.

Enfin, nous ne pouvons conclure cet historique succinct sans faire référence aux travaux importants de VIDIĆ (259) qui affirme en 1962 la variation strictement individuelle d'un angle sphénoïdal ne variant, contrairement à l'opinion souvent émise, ni avec l'âge ni avec le sexe et ne témoignant que du degré d'adaptation de l'Homme à la station debout ; en 1968 (260) s'efforçant de quantifier les relations entre la longueur des apophyses ptérygoïdes et la valeur de l'angle sphénoïdal, il montre, si besoin en est, que les facteurs morphocynégénétiques de la brisure de la base sont loin d'être entièrement et définitivement connus.

CHAPITRE VIII

NOTIONS DE STATISTIQUE APPLIQUEES A LA BIOMETRIE

La confrontation quotidienne avec la statistique, dans ce que nous lisons ou entendons, n'est pas sans nous irriter et nous voulons, dans ce chapitre, convaincre le lecteur que c'est davantage l'interprétation abusive des chiffres qui peut le révolter plutôt que l'usage des chiffres eux-mêmes.

L'anathème jeté contre la statistique, capable dit-on de tout démontrer, est en effet une conséquence des abus qu'il en est fait, notamment lors de conclusions quasi fallacieuses et obéissant à un dirigisme sordide.

Depuis une trentaine d'années, nous ne pouvons en effet ignorer le recours indispensable au calcul statistique authentique dans les sciences modernes, dites exactes, et la médecine ne peut échapper à l'analyse statistique dans ses problèmes qui se doivent d'être posés avec rigueur et valablement résolus.

Nous espérons montrer ici, sans pour autant être exhaustifs, comment les mathématiques, science exacte s'il en est, peuvent apporter leur caution à des calculs dont les résultats se traduisent en termes d'approximation, et comment les méthodes statistiques permettent de cerner l'incertitude. Que les mathématiciens nous pardonnent l'utilisation d'une description intuitive, plus compréhensible au non mathématicien qu'une précision strictement mathématique (162,199,233,et 243).

VIII 1. LES DONNEES DE MESURE

VIII. 1.1. La représentation graphique

La statistique commence par des recensements ou séries de mesure.

Il importe que ce que nous recensons soit bien défini et que les séries de mesures, aux limites expérimentales rigoureuses, soient comparables.

Chaque cas ou chaque phénomène ne doit pas laisser place à l'appréciation personnelle.

Ainsi, quand le caractère d'une mesure se trouve défini, chaque cas doit pouvoir être considéré comme ayant une valeur de ce caractère à l'exclusion de toutes les autres. Une telle exigence de précision dans la définition est un des soucis de sincérité essentiel de la méthode statistique.

Cette loyauté doit être retenue également dans la représentation graphique des résultats afin qu'elle témoigne de façon explicite de la série étudiée.

Il est commode de représenter l'ensemble des résultats rassemblés dans une série de mesure sous la forme de rectangles étroits et juxtaposés. Un tel schéma s'appelle un histogramme.

Chaque rectangle représente une catégorie de mesures. La hauteur est proportionnelle au nombre des mesures auxquelles s'applique la définition du caractère mesuré. Sa largeur témoigne de la définition même de ce caractère.

Ainsi les angles α_6 et $\hat{F}_3$ peuvent y être représentés par classes de 10 ou 15 degrés, mais aussi de degré d'angle en degré d'angle (FIG. 31 a et b).

Sur une représentation en système orthogonal, les valeurs lues en ordonnées correspondent au nombre de mesures observées dans chaque classe d'angle.

La justification de l'échelle des abscisses est fonction du nombre de mesures mais aussi de la dispersion de celles-ci, terme que nous préciserons par ailleurs.

A la limite si les rectangles étaient très étroits, donc l'unité sur l'axe des abscisses très petites, ils pourraient être assimilés à des droites dont les sommets réalisent une ligne presque continue représentative de la courbe de fréquence du phénomène étudié.

Cette représentation graphique d'une série de mesure sous forme d'histogrammes n'est pas la seule. Tout

autre doit être choisie pour rendre le phénomène étudié le plus clair possible et doit se justifier par le fait que "l'impression" qu'elle en donne correspond fidèlement à la réalité qu'elle exprime.

Cette "impression" au niveau de la courbe de fréquence, pour exacte qu'elle soit, peut encore être précisée par quelques données qui caractérisent l'information donnée par cette étude.

Nous n'avons représenté que les histogrammes (Fig. 31 a et b) de deux séries de valeurs angulaires parmi toutes celles que nous avons mesurées. Leur observation montre qu'il existe un maximum pour l'un des intervalles de valeurs angulaires observées, donc un seul sommet à cette courbe.

L'abscisse correspondant à la plus grande ordonnée est celle de la classe modale, classe la plus représentée.

Les variables que nous étudierons dans ce travail de biométrie se répartissent selon une distribution unimodale et suivent la loi normale d'équation :

$$y = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}$$

La courbe représentative de cette fonction est connue sous le nom de courbe de GAUSS ou courbe normale. Elle est parfaitement définie par les paramètres suivants :

- la moyenne $\bar{x}$
- la variance s^2 ou l'écart type s (Fig. 32 a).

VIII. 1.2. Caractérisation des séries de mesures

Au sein de l'échantillon chaque série de mesure peut-être caractérisée par les paramètres statistiques précédents qu'il nous faut définir.

VIII. 1.2.1. La moyenne

Sa définition est en statistique la même que dans le langage courant, c'est-à-dire la moyenne arithmétique :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

$\bar{x}$ = moyenne

$\sum x$ = somme algébrique des valeurs mesurées ou "attributs" ou "événements" présents dans l'échantillon

N = nombre des mesures ou "taille de l'échantillon".

Elle indique la valeur de tendance centrale de l'échantillon. Au niveau des histogrammes, la classe modale n'inclut pas obligatoirement la valeur de la moyenne (Fig. 31 b).

Ainsi, dans une série, seules quelques mesures peuvent être identiques à la moyenne $\bar{x}$ de la série.

Notons qu'au niveau de la "courbe normale" mode et moyenne sont égaux.

VIII. 1.2.2. L'écart type

$$s = \sqrt{s^2} \quad s^2 = \text{variance}$$

Il mesure la distance entre l'axe de symétrie et le point d'inflexion de la courbe normale, ce dernier corres-

pendant au point où la pente de la tangente change de sens de variations.

Cet écart type "s" témoigne donc de la dispersion des mesures autour de la moyenne (ou du mode qui lui est superposé dans la courbe de GAUSS).

Ainsi devons-nous réfuter l'a priorique nous exprimons trop souvent en définissant une série de mesures par sa seule moyenne arithmétique. En effet, nous avons déjà vu la restriction qu'implique une discrète différence avec le mode, mais surtout on conçoit aisément deux échantillons de moyennes identiques mais d'écart types différents, donc de dispersion différente (Fig. 32 b).

Ainsi montre-t-on que 68,3 % des mesures dans un échantillon sont comprises entre $\bar{x} \pm s$ alors que 95,46 % en sont rassemblées entre $\bar{x} \pm 2s$.

Dans nos résultats nous utiliserons ce dernier intervalle, sans pour autant affirmer que les valeurs qui sont à l'extérieur témoignent de la non-appartenance de la structure qu'elles définissent à l'échantillon étudié.

Remarquons enfin qu'un changement d'origine n'affecte en rien la valeur de la variance, donc de l'écart type, mais ne fait que modifier la valeur de la moyenne des mesures.

Nous verrons que la série des suppléments $\bar{x}$ suppl. d'un angle x a même variance, donc même dispersion que la série des valeurs angulaires x dans le même échantillon, seule la moyenne devient $\bar{x} \text{ suppl} = 180^\circ - \bar{x}$ (Fig. 32 c).

VIII. 1.3. La variabilité des données de mesure

VIII. 1.3.1. Au niveau de l'échantillon

Nous venons de le dire, l'intérêt est porté essentiellement sur l'intervalle $\bar{x} \pm 2 s$, et théoriquement nous ne devrions comparer, dans la recherche des corrélations, que des mesures dont la courbe de fréquence présente des variances de même ordre. C'est la variance qui, nous l'avons vu, témoigne de la dispersion des mesures d'un caractère autour de la valeur moyenne.

Dans le cas du crâne correspondant à la sépulture 123, toutes les valeurs mesurées s'éloignent énormément des valeurs moyennes calculées sur tous les autres crânes.

La différence entre les valeurs angulaires mesurées sur ce crâne et les valeurs moyennes sont en effet supérieures à deux écarts types. Si cette différence est voisine de $\pm 2,2 s$ la probabilité pour que ce crâne fasse partie de notre échantillon est de 2,8 %; elle n'est plus que de 1,6 % si cette différence est voisine de $\pm 2,4 s$, que de 9 % si elle est proche de $\pm 2,6 s$, de 5 % si la différence est de $\pm 2,8 s$, enfin de 2,6 % si celle-ci est de $\pm 3 s$, ce qui justifie l'exclusion de ce crâne de notre série de mesure.

VIII. 1.3.2. Au niveau de la population

Nous l'avons précisé par ailleurs, notre échantillon, qui correspond aux crânes de COXYDE dont Monsieur le Professeur THILLOY possède une image téléradiographique en incidence sagittale, peut-être considéré comme représentatif d'une population "adulte" dont la variabilité des caractères mesurés exprimera une variabilité spécifique et non celle qui résulte de la croissance du squelette.

Si un échantillon peut-être défini au niveau d'une série de mesures d'un même attribut par les "paramètres

statistiques" $\bar{x}$, s et N , il en est de même de la population dont il est issu, définie pour le même caractère par les paramètres μ et σ respectivement moyenne et écart type de la population.

La notion "d'intervalle de confiance des moyennes" ne présente guère d'intérêt dans le cadre de notre travail. En effet, cet intervalle permet de fixer les limites entre lesquelles, à un risque d'erreur consenti, se situe la moyenne de la population dont est extrait l'échantillon observé.

Au sein de cette population, on montre qu'il existe 96 chances sur 100 pour que la moyenne μ de l'évènement mesuré soit comprise dans l'intervalle dit de confiance :

$$\bar{x} - 2 \frac{s}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{x} + 2 \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Notons que dans nos différentes séries de mesures, N varie de 68 à 75 donc $\sqrt{N}$ de 8,24 à 8,66 ce qui est négligeable. Cet intervalle permet d'extrapoler les résultats montrés au niveau de l'échantillon à l'ensemble de la population dont il est tiré.

ECHANTILLON	$\bar{x}$	
	s^2	95 % des valeurs comprises
	s	entre $\bar{x} \pm 2 s$
	N	
POPULATION	μ	95 chances sur 100 pour que
	σ^2	$\bar{x} - 2 \frac{s}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{x} + 2 \frac{s}{\sqrt{N}}$
	σ	

VIII. 2. LES CORRELATIONS

VIII. 2.1. Leur but

Les notions que nous venons de développer montrent qu'il est possible de préciser, et parfois avec une finesse non négligeable, les limites plausibles des variations d'un phénomène prouvant ainsi que celles-ci ne s'expliquent pas uniquement par le seul hasard.

L'étude des corrélations se propose de rechercher si les variations entre deux caractères sont ou ne sont pas indépendantes et de quantifier le lien qui peut-être établi entre ces variations.

Nous ne rechercherons qu'un seul type de corrélation qui apprécie la qualité de la liaison qui peut exister entre deux séries de mesures à condition que la relation qui les unit soit linéaire et biunivoque du type $y = f(x)$. Alors, à une valeur x ne correspond qu'une valeur de y .

VIII. 2.2. Leur représentation graphique

Les différents couples de mesures comparées peuvent être schématisés par un point dans un système orthogonal de références.

Une série de mesures correspond aux abscisses x et l'autre aux ordonnées y des différents points représentatifs de chaque couple. Ceux-ci vont réaliser un véritable nuage au contour circulaire ou elliptique.

La connaissance du coefficient de corrélation permet d'affirmer ou d'infirmer l'existence d'une liaison entre les deux séries de mesures, étudiées couple par couple pour chaque élément de l'échantillonnage.

Le coefficient de corrélation r nous renseigne alors sur la liaison entre ces deux variables quantitatives au sein de l'échantillon.

Sous l'hypothèse de l'absence de liaison, r est proche de 0. Si la liaison est maximum, ce coefficient r est très peu différent de 1 en valeur absolue et les points représentants les différents couples de mesures alignés.

Bien sûr, ce coefficient n'est significatif qu'en fonction du nombre de mesures ayant permis son évaluation.

Ainsi, pour deux séries de 72 mesures, la liaison ne devient significative que si $|r| \gg 0,2319$.

Plus le nombre d'individu étudié est grand, plus la valeur absolue du coefficient r peut-être petite et néanmoins affirmer l'existence d'une corrélation entre les deux séries comparées.

La valeur r significative en fonction du nombre d'individus présents dans l'échantillon est donnée par les tables.

La connaissance de ce coefficient de corrélation r permet de définir la pente des droites de régression :

$$\rho_1 = r \frac{S_y}{S_x} \quad \text{et} \quad \rho_2 = r \frac{S_x}{S_y}$$

Ces droites représentent la relation entre l'une des variables en fonction des valeurs moyennes de l'autre.

Les pentes des droites représentatives des deux fonctions de régression $\bar{y} = f(x)$ et $\bar{x} = f(y)$ définissent parfaitement le nuage de points et la relation qui existe entre les deux variables. Ainsi plusieurs cas de figure sont possibles selon ces droites de régression (Fig. 33 a à g, et Fig. 34, 35, 36).

Nous insisterons enfin sur la différence essentielle entre pentes des droites de régression et coefficient de corrélation qui sert à définir les précédentes.

La confusion est fréquente entre relation impliquant une notion de correspondance dont témoignent les fonctions du type $\bar{y} = f(x)$ ou $\bar{x} = f(y)$ et corrélation ou liaison ou liaison qui unit deux variables biométriquement quantitatives et n'exprime, selon le signe de son coefficient, que trois types de dépendances :

- $r_{xy} > 0$ et $|r| >$ à la valeur significative pour N individus : quand x augmente, y augmente et quand x diminue, y diminue.
- $r_{xy} < 0$ et $|r| >$ à la valeur significative pour N individus and x augmente, y diminue, et si y augmente, x diminue.
- $r_{xy} < 0$ ou > 0 mais $|r| <$ à la valeur significative pour N individus ; x et y varient
remment.

VIII. 3. LES COEFFICIENTS DE CORRELATION MULTIPLE OU COEFFICIENTS DE CORRELATION PARTIELLE

VIII. 3.1. Leur but

L'étude du coefficient de corrélation partielle consiste à évaluer la liaison qui peut exister entre deux variables quand la troisième est fixe (c'est-à-dire rendue constante), sachant que ces trois variables sont liées deux à deux.

VIII. 3.2. Les résultats

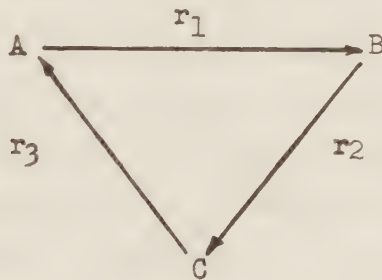
Prenons par exemple trois variables A, B et C.
La recherche des corrélations entre ces trois attributs
admet plusieurs éventualités et en particulier :

- A et B sont liés (r_1)
- B et C sont liés (r_2)
- C et A sont liés (r_3)

VIII. 3.2.1. Première illustration

Admettons que ces variables correspondent aux
angles d'un triangle :

on montre qu'ils sont ainsi liés deux à deux



Si nous rendons constant l'un des trois angles
de ce triangle (par exemple $A = 83^\circ$), il est évident que
la corrélation entre les deux autres devient égale à 1 donc
est maximum.

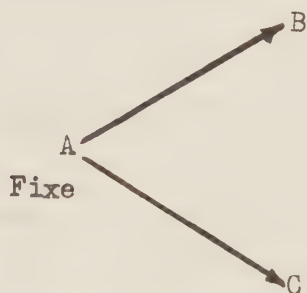
L'étude du coefficient de corrélation partielle
permet donc, ainsi que nous l'affirmions dans sa définition,
de regarder comment se comportent deux des trois variables
envisagées liées initialement deux à deux quand la troi-
sième est rendue constante.

VIII. 3.2.2. Deuxième illustration

Considérons à présent que nos trois variables
A, B et C représentent respectivement l'âge des individus
féminins scolarisés, B la longueur de la jupe, et C leur
niveau scolaire.

L'étude des corrélations simples entre A, B et C affirme l'existence d'une liaison entre A et B, B et C, C et A, soit entre l'âge et la longueur de la jupe, la longueur de la jupe et le niveau scolaire, enfin, entre le niveau scolaire et l'âge de nos sujets féminins.

Si nous fixons le paramètre A, c'est-à-dire si nous rendons l'âge constant et que nous étudions le coefficient de corrélation partielle entre les variables B et C, celui-ci nous montre qu'ils n'existe alors plus de liaison entre la longueur de la jupe et le niveau scolaire.



Nous sommes alors en droit d'affirmer que l'âge est le facteur commun à la variation de la longueur de la jupe liée à celle du niveau scolaire.

A est le facteur de liaison entre B et C

$|r_{BC,A}|$ est alors inférieur à la valeur significative de r pour N individus.

Ici encore il nous faut préciser la terminologie. En effet, "rendu constant", "fixer", peuvent troubler le lecteur convaincu de la définition de la statistique que nous avons par ailleurs donnée et qui prétend y voir une méthode permettant de cerner l'incertitude !! Comment oser employer des termes tels que "fixe" ou "constant" ? En fait, "rendre constant" ne consiste pas à attribuer à A une seule valeur fixée et à analyser la liaison qui peut exister entre B et C pour cette unique valeur de A, mais signifie tout au contraire que pour chaque valeur que peut prendre la variable A dans la série de mesures étudiées, la corrélation entre B et C, si elle existe, reste constante et est exprimée par le coefficient de corrélation partielle $r_{BC,A}$.

VIII. 4. LE TEST DE χ^2

VIII. 4.1. Définition

Ce test, dû au mathématicien anglais FISCHER, permet de comparer plusieurs échantillons classés suivant des critères qualitatifs (cette approche diffère en cela de l'étude des corrélations simples au niveau de phénomènes quantitatifs).

VIII. 4.2. Résultats

Son emploi n'implique pas la connaissance de sa théorie mathématique, laquelle, nous devons l'admettre, est assez complexe.

Il suffit donc de calculer l'expression :

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - T)^2}{T}$$

où O correspond au nombre d'individus observés et T n'est autre que le nombre d'individus calculé sous l'hypothèse d'identité des deux échantillons.

On recherche alors dans la table du χ^2 la probabilité liée à l'hypothèse "nulle" : appartenance des deux échantillons à une même population.

Si cette probabilité est inférieure à 0,05, on rejette l'hypothèse "nulle" et il est permis d'admettre l'existence d'une liaison entre les deux variables étudiées.

Cet abord très particulier de l'analyse des liaisons entre paramètres rassemblés en échantillons selon des critères qualitatifs termine ce rappel des principes de statistique appliquée à la biométrie dont il est indispensable de connaître le contenu et la signification sans pour autant pénétrer les secrets mathématiques présidant à leur élaboration (162, 199, 233 et 243).

En effet, nous ne voudrions pas que l'énoncé des résultats et conclusions de nos recherches soit interprété, certes involontairement, hors des limites qu'implique la rigueur scientifique, tant expérimentale que mathématique, d'un travail de biométrie dont aucune concession intellectuelle, élaborée ou d'une trop séduisante évidence, ne doit trahir l'honnêteté.

Il serait intolérable de nous laisser guider par notre intuition car, ici comme en tout, les illusions sont dangereuses et la vérité seule est utile. Reconnaissons avec LAPLACE "qu'un des grands avantages du calcul des probabilités est d'apprendre à se défier des premiers aperçus ; comme on reconnaît qu'ils trompent souvent lorsqu'on peut les soumettre au calcul, on doit en conclure que sur d'autres objets, il ne faut s'y livrer qu'avec une circonspection extrême.

CHAPITRE IX

MATERIEL ET METHODE

IX. 1. MATERIEL

Nous avons, dans un précédent chapitre, rappelé les notions essentielles concernant l'Anatomie descriptive et topographique des éléments osseux rencontrés dans le plan sagittal du crâne, ainsi que l'anatomie radiologique de ces structures.

En effet, si ce travail se propose d'analyser et d'interpréter les images radiographiques en leur superposant les connaissances de l'Anatomie classique, il ne correspond en aucun cas à une étude radioanatomique de la base, c'est-à-dire, à sa description anatomique depuis les renseignements que fournissent sa découpe en tranches d'épaisseur limitée, par télétomographie par exemple, ou par radiographie de pièces nécropsiques d'épaisseur définie et constante ainsi que l'ont fait AUBANIAC et POROT (8) dans leur merveilleux atlas de "Radioanatomie générale de la tête".

Les documents qui nous ont permis de réaliser la présente étude proviennent de l'important matériel télé-radiographique que le Professeur THILLOY (251) a réalisé ou rassemblé lors de la réalisation de sa Thèse Inaugurale.

Les clichés radiographiques que nous avons retenus correspondent aux téléradiographies en incidence "normale" des crânes de COXYDE.

En effet, ainsi que nous l'avons fait remarquer par ailleurs, le cliché télé-radiographique de profil est essentiel dans l'étude de la base crânienne. Il permet d'en apprécier les mensurations linéaires et angulaires dans leurs vraies valeurs.

Ceci est exact pour les mesures angulaires mais admet une légère restriction pour ce qui est de l'évaluation des distances sagittales ou parasagittales, sans affecter pour autant leurs valeurs dans les mêmes proportions que les différentes incidences dites verticales (HIRTZ-BOUVET, DAUBENTON).

On le sait, l'incidence est la direction du rayonnement normal à l'objet à radiographier.

Ainsi les clichés que nous utilisons ont été réalisés avec une source radiogène distante de 3,76 m du plan sagittal médian du crâne, lui-même parallèle au film.

La distance séparant le plan sagittal médian crânien de celui du film, bien que petite par rapport à celle qui le sépare de la source radiogène, entraîne un grandissement que nous considérons comme négligeable pour ce qui est des mesures linéaires et qui n'intervient pas sur les mesures angulaires, des angles homothétiques conservant une valeur identique quelle que soit la dispersion du cône de grandissement entre le plan composant l'image et celle-ci révélée au niveau de la plaque sensible.

Bien sûr la comparaison des différents clichés que le Professeur THILLOY a aimablement mis à notre disposition, implique l'utilisation d'un procédé invariable d'orientation des structures osseuses dont nous étudions la projection, et nous avons déjà fait remarquer par ailleurs la discrète déviation du plan de symétrie crânienne sagittale par rapport au plan sagittal théorique.

En effet nous avons récemment montré, en collaboration avec notre Maître Monsieur le Professeur LAUDE, que le plan sagittal médian peut-être confondu à $0,50^\circ$ près avec la bissectrice de l'angle basion-nasion externe-opisthion au sein du même échantillon de la population des crânes de COXYDE.

Nous tenons en outre à rappeler que les téléradiographies sagittales que nous allons analyser ont été réalisées au moyen d'un céphalostat conçu par le Professeur THILLOY et répondant aux exigences suivantes :

- utilisable pour les crâne secs, il est d'un transport aisé,

- précis et facilement orientable par rapport au rayon principal de la source radiogène,

- permettant de prendre des clichés selon différentes incidences sans modifier le réglage de l'ensemble,

- autorisant la variation de la distance crâne-
porte film.

Nous ne décrivons pas les caractéristiques technologiques concernant ce céphalostat dont il est aisé de trouver le détail dans la Thèse Inaugurale de son auteur (251).

Retenons néanmoins que différents appuis autorisent un blocage et une fixité très stricts du crâne dans l'orientation rigoureuse définie grâce aux olives auriculaires marquées d'un index radio-opaque et à une équerre en polythène.

Les téléradiographies en norma lateralis ont été réalisées à 3,76 m du plan médian en utilisant une puissance de 60 kW et un temps de pose de 30/100es sur film GEVAERT CURIX FW blue base. Le rayonnement incident a été centré sur les olives auriculaires vers la plaque sensible, le crâne étant orienté selon le plan sagittal et le plan de FRANCFORT dont l'unicité doit être admise ce qui est une concession avec la réalité puisqu'il contient les deux porions et les deux points sous-orbitaires d'un même sujet (4 points définissant rarement un même plan).

IX. 2. METHODE

IX. 2.1. Orientation des structures

Nous envisagerons cette étude des mensurations et des corrélations angulaires au niveau de la base du crâne dans la population de COXYDE en dehors de toute référence à

un axe d'orientation auquel d'ailleurs, tous nos résultats peuvent être aisément rapportés ainsi que nous l'allons voir.

En effet, une telle approche, très mécaniste, de l'assemblage de différentes structures osseuses, qui bien sûr n'est pas indépendante de la position du volume céphalique dans l'espace, peut néanmoins dans son analyse être dégagée de toute contingence d'orientation. Il suffit, si besoin s'en trouve, de rappeler que toute mesure ou résultat peut en être confronté par exemple au système de coordonnées vestibulaires dans le plan médian si l'on admet l'équivalence pratique, malgré les faibles variations individuelles, de la ligne nasion externe-opisthion avec le plan vestibulaire horizontal dont VILLEMIN et BEAUVIEUX (31) montraient dès 1937, le parallélisme en incidence sagittale. BEAUVIEUX et BONJEAN (31) affirment par ailleurs que cette droite passe par le bord inférieur des conduits auditifs externes.

Nos résultats seront peut-être encore plus aisément rapportés à l'orientation vestibienne si l'on considère l'intersection des plans ampullaires droit et gauche qui se fait selon une droite parallèle à la pente générale du cli-vus sphéno-occipital, ainsi que l'ont fait remarquer très récemment CAIX et OUTREQUIN (31).

IX. 2.2. Les tracés des calques et leur reproduction

IX. 2.2.1. Le tracé (Fig. 37)

De chaque cliché téléradiographique il a été réalisé un calque sur lequel ont été marqués, quand leur localisation est possible, les points ou plans craniométrique caractéristiques certes de la base crânienne, mais aussi de l'étage moyen maxillaire et inférieur mandibulaire de la face.

Sur chaque calque nous avons tracé la droite figurant la projection du plan de morsure molaire construit selon la définition que nous en avons déjà donnée (annexe page XXIII). Bien sûr, toute représentation graphique tient compte de la position moyenne individuelle sur chaque crâne des structures bilatérales quand celles-ci sont asymétriques (fentes ptérygo-maxillaires, lignes de morsure molaire, plans mandibulaire). Enfin nous avons figuré le contour de l'ampliation sinusienne sphénoïdale maximale.

IX. 2.2.2. La reproduction

A partir de chaque calque dont nous venons de décrire le tracé, il a été pratiqué quatre reproductions par procédé OFFSET.

En effet, le protocole expérimental de ce travail prévoyait initialement la mesure de 37 valeurs angulaires dont 13 devaient être lues et 24 pouvaient être calculées d'après les lois élémentaires de la géométrie des triangles. Néanmoins la superposition des différents segments limitant ces angles sur un calque unique rendait la figure particulièrement dense et les causes d'erreurs intrinsèques aux mensurations très probables.

Enfin la dispersion sur quatre tirages différents du calque figurant le contour d'un même crâne permet une analyse plus aisée des rapports topographiques et biométriques entre les angulations étudiées.

IX. 2.3. Les épreuves

IX. 2.3.1. Première épreuve (Fig. 38)

Pour chacun des crânes, sur une première épreuve, nous avons tracé les droites suivantes :

- Ligne S - Nasion externe joignant le centre construit de la selle turcique et la suture naso-frontale externe. Elle représente, rappelons-le, la branche supérieure de l'angle basal de SCHÜLLER (XXXVI).

- Ligne de projection du plan palatin tendue entre Acanthion et point palatin postérieur.

- ligne de projection du plan mandibulaire selon la construction "b" de WORKSHOP (Annexe page XXII).

IX. 2.3.1.1. Les compas d'enveloppe des étages
.....
faciaux
.....

Ces droites, avec la ligne de morsure molaire qui figure déjà sur le tirage, limite des angles ouverts vers l'avant, dont les sommets ne sont pas obligatoirement superposés en arrière.

Nous proposons d'appeler ces angles "alpha" (α).

Ils ne mesurent pas le prognathisme au sens habituel (262) mais réalisent plutôt un certain nombre de compas dont les branches se ferment sur les étages faciaux.

L'angle alpha 1 contient l'étage moyen, maxillo-orbito-nasal de la face, entre la droite S-Nasion-Externe et le plan du palais osseux.

L'angle alpha 2 inclut exclusivement l'étage inférieur manducatoire puisque compris entre la direction du plan palatin et celle du plan mandibulaire.

Bien sûr, l'angle alpha 3 ($\alpha 2 + \alpha 1$) correspond à la totalité du coin facial suspendu à l'étage antérieur de la base au niveau du segment S-Nasion externe.

L'angle alpha 4, quant à lui, fait intervenir le plan de morsure molaire par sa branche inférieure alors que son côté supérieur est toujours en S-Nasion externe.

On voit que la portion commune aux angles alpha 4 et alpha 2 correspond à l'arcade alvéolaire supérieure qui est comprise dans l'angle alpha 2 de l'étage digestif mais également dans l'angle alpha 4 qui s'étend sur toute la hauteur maxillaire supérieure, depuis son rebord alvéolaire jusqu'au sommet de la branche montante du maxillaire supérieur.

Si, ainsi que nous l'avons dit, les angles alpha n'ont pas obligatoirement leurs sommets confondus, il est néanmoins possible de mener en un point des parallèles à leurs côtés et d'appliquer à la figure construite les lois de la géométrie.

De plus, comme la mesure d'un angle est affectée d'une erreur inversement proportionnelle à sa valeur, nous avons préféré mesurer les angles les plus ouverts (ici les angles alpha 4, alpha 3 et alpha 2). Il est alors aisé de déduire la valeur de alpha 1 :

$$\alpha 1 = \alpha 3 - \alpha 2.$$

IX. 2.3.1.2. Le quadrilatère facial et la
.....
justification de la terminologie
.....
adoptée
.....

Toujours sur ce premier tirage du calque initial nous avons complété l'enveloppe du massif facial par la ligne Nasion externe-gnathion et par la droite figurant la position moyenne du plan ramal (annexe page XXII) limitant ainsi un quadrilatère facial dont le côté antérieur fait abstraction, ici encore, des limites généralement admises au prognathisme supérieur ou inférieur puisqu'il ne fait en rien intervenir les rebords incisifs des mâchoires.

Dès à présent, il nous faut donner l'explication de la terminologie et des indices que nous allons employer.

La gerbe des quatre droites grossièrement antéro-postérieures que nous venons de tracer nous a permis de figurer les angles alpha 1, 2, 3 et 4. Toute sécante à ce faisceau de droites va définir avec celles-ci des angles dont les indices correspondent à la droite antéro-postérieure les limitant.

- Ainsi la sécante Nasion externe-gnathion ou droite faciale "F" va définir avec la ligne S-Nasion externe, affectée de l'indice 3 puisqu'elle limite l'angle alpha 3, un angle S-Nasion externe-gnathion ou angle F3.

- Cette même droite F détermine avec le plan mandibulaire, affecté de l'indice 2 puisqu'il limite l'angle alpha 2, un angle GonionGnathion-Nasion externe ou angle F2.

- Il en est ainsi de la ligne de projection du plan ramal qui détermine respectivement avec les droites S-Nasion externe et plan mandibulaire les angles R3 et R2.

- Les angles F3, F2, R2 et R3 sont les angles intérieurs du quadrilatère facial que nous avons précédemment décrit. La mesure directe des angles F3, R2 et R3 nous permet de déduire la valeur angulaire de F2 puisque $F2 = 360^\circ - (F3 + R2 + R3)$.

IX. 2.3.2. Deuxième épreuve (Fig. 39)

Le deuxième exemplaire du contour basocrânien et facial du crâne envisagé résume les angulations respectives du clivus occipital, du clivus sphénoïdal et de la droite Basion-S avec la gerbe des droites 1, 2, 3, 4 déjà définies.

Celles-ci sont d'abord reproduites sur cette épreuve par superposition.

Puis sont figurés les plans cliviens et la ligne Basion-S.

Il n'est pas tenu compte des apophyses clinoides postérieures dans la représentation de l'orientation du clivus sphénoïdal, étant donné les sollicitations dures dont font l'objet ces formations que nous qualifions "d'appendiculaires".

Pour respecter les conventions de terminologie que nous avons définies plus haut, la sécante du clivus occipital ou droite Clo délimite avec la ligne Nasion externe-S un angle Clo3, avec le plan palatin un angle Clo1, avec le plan de morsure molaire un angle Clo4, enfin avec le plan mandibulaire un angle Clo2. De façon identique, les angles Cls3, Cls1, Cls4 et Cls2 sont déterminés par la pente clivienne sphénoïdale ou droite Cls. Il en est de même des angles limités par la droite Basion-S ou Bas : ce sont les angles BaS3, BaS1, BaS4 et BaS2.

Nous admettrons que les angles Clo, Cls et BaS, quel que soit l'indice dont ils sont affectés sont ouverts vers le haut et vers l'avant.

Notons une fois encore que le supplément de l'angle BaS3 correspond à l'angle sphénoïdal décrit par SCHÜLLER, limité d'une part par le segment Basion-S et, d'autre part, par la droite S-Nasion externe. En effet, le point S que nous avons employé correspond au centre construit de la surface de la selle ainsi que SCHÜLLER l'a considéré.

Il faut distinguer ce point du sommet S de l'angle de la base que BJORK a proposé : l'angle Basion-S-Nasion Externe, où le point S est le milieu du plus grand diamètre de la crypte pituitaire depuis le tuberculum sellae (cf. chapitre VII 1).

Précisons que seuls les angles Clo3, Cls3 et BaS3 ont fait l'objet d'une lecture directe. En effet, en appliquant les lois de la géométrie aux triangles possédant un angle alpha et un des angles précités, il est aisé de déduire :

$$\text{Clo1} = \alpha 1 + \text{Clo3}$$

$$\text{Cls1} = \alpha 1 + \text{Cls3}$$

$$\text{BaS1} = \alpha 1 + \text{BaS3}$$

$$\text{Clo4} = \alpha 4 + \text{Clo3}$$

$$\text{Cls4} = \alpha 4 + \text{Cls3}$$

$$\text{BaS4} = \alpha 4 + \text{BaS3}$$

$$\text{Clo2} = \alpha 2 + \text{Clo3}$$

$$\text{Cls2} = \alpha 2 + \text{Cls3}$$

$$\text{BaS2} = \alpha 2 + \text{BaS3}$$

IX. 2.3.3. Troisième épreuve (Fig. 40 a)

Le troisième tirage du calque initial du profil crânien considéré nous permet de figurer des angles basaux très différents de l'angle de WELCKER et VIRCHOW, bien que les précédents en diffèrent notablement mais s'en rapprochent néanmoins par l'utilisation des points Basion et Nasion externe.

Ici les constructions vont confronter les secantes Clo, Cls, et BaS aux droites représentatives tant du planum sphénoïdal que du crible ethmoïdal.

L'angle qui apparaît entre la droite S-Nasion externe et le plan de l'os planum est appelé alpha 5 par association aux angles alpha 1, 2, 3 et 4, puisque son sommet est postérieur et qu'il s'ouvre vers l'avant. De même sur cette troisième épreuve l'angle plano-criblé étudié par TOPINARD n'est autre que l'angle alpha 6, nous conformant ainsi à une nomenclature que nous estimons homogène et aisément mémorisable pour la suite de notre exposé.

Toute angulation admettant la droite représentative du planum pour côté est affectée de l'indice 5 alors que toute sécante du plan criblé réalise avec celui-ci un angle d'indice 6.

Pour le tracé, il nous faut admettre que la direction du planum est celle du premier centimètre en avant du rebord antérieur de la gouttière inter-optique, là où l'observation des crânes secs de la collection du Laboratoire montre que la surface est parfaitement plane et ne dépasse guère une longueur de 1,4 cm.

Celle du crible est de construction plus difficile. En effet si la suture plano-criblée est bien visible sur les clichés téléradiographiques dont nous disposons, il n'en est pas de même du point criblé antérieur, habituellement considéré comme limite à l'étage antérieur dans son segment ethmoïdal d'origine trabéculaire. De plus, la lame criblée sur le cliché sagittal n'est généralement pas rectiligne puisqu'elle correspond aux gouttières olfactives, souvent concaves vers le haut, même dans leur axe antéro-postérieur.

Aussi nous fixerons la direction de ce segment de l'étage antérieur à celle d'une corde moyenne de la courbe parfois double du contour du crible dans son trajet visible sur les images téléradiographiques

Nous objectivons alors sur le profil crânien 6 angles de plus, les sécantes Clo, Cls, BaS étant reproduites par superposition depuis le calque précédent : il s'agit d'une part des angles Clo5, Cls5 et BaS5, et d'autre part des angles Clo6, Cls6 et BaS6.

Remarquons dès lors que le supplément de l'angle Cls5 n'est autre que l'angle basal de BEAUVIEUX, décrit par ailleurs (VII 2.).

Enfin quand l'angle Clo-Cls de la synostose sphéno-occipitale est de 180°, les angles supplémentaires de Clo5 et Cls5, alors égaux et superposés, correspondent à

l'angle de LANDZERT ou angle γ_1 de PANKOW, ouvert vers le bas et vers l'avant entre clivus sphéno-occipital et planum sphénoïdal.

Ainsi que nous l'avons défini plus haut les sécantes Clo, Cls et BaS déterminent avec le plan du crible les angles Clo6, Cls6 et BaS6. Les angles alpha 5 et alpha 6 ont, seuls, été mesurés : en effet, ici encore, la géométrie nous permet d'affirmer les relations suivantes :

$$\begin{aligned}\text{Clo5} &= 180^\circ - \text{Clo3} + \alpha 5 \\ \text{Cls5} &= 180^\circ - \text{Cls3} + \alpha 5 \\ \text{BaS5} &= 180^\circ - \text{BaS3} + \alpha 5,\end{aligned}$$

si alpha 5 est affecté d'une valeur algébrique. (alpha 5 est compté positivement si ouvert au-dessus de la ligne nasion externe-S, négativement si en-dessous de cette même ligne)(Fig. 40 b).

Selon l'inclinaison du crible, l'angle alpha 6 peut également s'ouvrir certes vers l'avant, mais entièrement au-dessus du côté qui correspond à la direction du pré-sphénoïde, et il est alors compté négativement, ou en dessous du planum sphénoïdal, et il est alors affecté du signe + car il correspond à la description la plus fréquente qui en est faite par les différents auteurs, sans pour autant qu'ils infirment l'existence d'angles plano-criblés que nous venons de qualifier de négatifs. (Figure 40 b).

Comme précédemment il est alors aisé de déduire :

$$\begin{aligned}\text{Clo6} &= \text{Clo5} + \alpha 6 \\ \text{Cls6} &= \text{Cls5} + \alpha 6 \\ \text{BaS6} &= \text{BaS5} + \alpha 6,\end{aligned}$$

alpha 6 étant mesuré réellement et affecté de son signe selon la convention que nous venons de définir.

L'angle alpha 7 d'inclinaison du crible sur la ligne S-Nasion externe est lui aussi calculé :

$$\alpha 7 = BaS6 - BaS3$$

Il peut être, bien sûr, positif ou négatif selon qu'il s'ouvre en avant et en bas ou en avant et en haut de la droite S-Nasion externe (Fig. 40 b).

L'angle Clo-Cls de la synostose sphéno-occipitale est lui aussi calculé : il est égal à

$$180^\circ + Cls5 - Clo5 \quad \text{ou} \quad 180^\circ + Cls6 - Clo6$$

IX. 2.3.4. Quatrième épreuve (Fig. 41 a)

Sur le quatrième et dernier tirage du calque initial du profil crânio-facial envisagé, nous rapportons le plan ptérygo-maxillaire (cf glossaire), figuré dans sa position moyenne quand il existe une asymétrie droite-gauche, ainsi que la droite Nasion externe-Prosthion.

Ces deux nouvelles sécantes, respectivement droites Ptm et Mx (ptérygomaxillaire et maxillaire supérieure) vont déterminer pour la première des angles Ptm-Clo, Ptm-Cls et Ptm-BaS avec les sécantes Clo, Cls et BaS, et les angles Mx5 et Mx6 avec les directions du planum et du crible pour ce qui est de la seconde. La sécante Ptm détermine par ailleurs les angles Ptm 5 avec la direction du planum sphénoïdal, et Ptm 6 avec celle du crible ethmoïdal.

Les angles Ptm-Clo, Ptm-Cls et Ptm-BaS témoignent de l'inclinaison de l'arête du dièdre ptérygoïdien par rapport au clivus occipital, sphénoïdal, et à la direction du segment Basion-S.

Enfin les angles Mx5 et Mx6 témoignent d'un prognathisme plus orthodoxe dans sa définition que celui que l'on peut associer à la droite F ou Nasion Externe-Gnathion.

En effet, ils mesurent autour du Nasion-Externe la poussée antérieure du massif maxillaire par rapport au plan du présphénoïde pour ce qui est de l'angle Mx5 et par rapport au segment ethmoïdal de l'étage antérieur du crâne auquel la face se trouve suspendue au niveau de l'angle Mx6, en faisant intervenir cette fois le point alvéolaire sagittal qu'est le Prosthion.

L'angle Ptm5 est mesuré et sa connaissance permet de déduire les valeurs angulaires suivantes :

$$180^{\circ} - \text{Ptm6} = 180^{\circ} - \text{Ptm5} - \alpha 6$$

$$\text{Ptm-Cl0} = \text{Ptm5} - \text{Cl05}$$

$$\text{Ptm-ClS} = \text{Ptm5} - \text{ClS5}$$

$$\text{Ptm-BaS} = \text{Ptm5} - \text{BaS5}$$

De même Mx5 est évalué par lecture directe et on en tire :

$$\text{Mx6} = \text{Mx5} + \alpha 6$$

Nous rappelons que toutes les mesures angulaires ainsi réalisées doivent être considérées comme autant de valeurs algébriques dont seuls les angles alpha 5, alpha 6 et alpha 7 peuvent être négatifs et qu'il faut alors en tenir compte dans les différentes équations permettant le calcul des autres angulations.

Sur cette quatrième et dernière image du contour radiologique du crâne étudié, nous figurons enfin la droite de référence Nasion Externe-Basion limitant la base crânienne et nous abaissons les perpendiculaires à cette direction depuis les points que sont la suture ethmoïdo-sphénoïdale, le tuberculum sellae, le point Sp et le sphéno-basion quand il existe. (Annexe page XXI).

La distance S-droite Nasion-Externe-Basion a été ensuite divisée en trois segments égaux et des parallèles ont été alors menées à la droite Nasion-Externe-Basion par le point S et les deux nouveaux repères S' et S".

Un quadrillage se trouve alors superposé à la projection du corps du sphénoïde et il nous est possible de quantifier la pneumatisation de cet os en considérant la case au niveau de laquelle on décrit le prolongement le plus postérieur du sinus sphénoïdal.

Les secteurs sont numérotés de bas en haut, de l'avant vers l'arrière pour que le nombre dont elle est affectée traduise au mieux l'extension sinusale : ainsi plus le nombre est élevé, plus le sinus se développe vers la partie postérieure de l'os.

Enfin notre attention s'est trouvée attirée par l'impact du plan ptérygo-maxillaire dans la construction que nous venons d'en réaliser par rapport à la suture sphénoethmoïdale au niveau de la table endocrânienne de la base.

Mesure est alors faite de la distance "d" qui sépare ce plan du point sutural et nous affectons cette distance du signe - si la suture sphénoethmoïdale se fait en avant du plan tangent à l'arête du dièdre ptérygoïdien, du signe + si elle se trouve en arrière (Fig. 41 b).

Les résultats des mesures et calculs des différentes valeurs angulaires sont rassemblés dans les tableaux IV à XXIV de l'annexe où ils figurent dans l'ordre des mesures et des calculs réalisés sur chacune des quatre superpositions au profil cranio-facial envisagé (Fig. 42). Les angles y sont exprimés en degré et fractions décimales de degré afin d'en faciliter la manipulation.

Les références précédant ces résultats correspondent à celles des sépultures de COXYDE dont nous avons étudié les crânes.

CHAPITRE X

NOS RESULTATS ET LEUR ANALYSE

X. 1. LES RESULTATS

Comme nous l'avons exposé dans la description de notre méthode, seule la mesure directe de 13 angles au niveau des différentes constructions réalisées sur les calques suffit à la connaissance de la valeur des autres variables angulaires que nous avons envisagées dans cette étude.

Néanmoins, afin de contrôler l'erreur consécutive à la technique des superpositions pour le tracé au niveau des quatre tirages du calque initial, nous avons mesuré en un premier temps l'ensemble des 37 angulations pour les 75 crânes de notre échantillon.

Toutes ces valeurs lues ont été rassemblées dans un premier tableau que nous jugeons inutile de rapporter.

Puis nous avons effectué une seconde mesure des 13 angles suivants :

- α_1 , α_2 , α_4
- F_3 , R_2 , R_3
- $180^\circ - Cl_{o3}$, $180^\circ - Cl_{s3}$, $180^\circ - BaS_3$
- α_5 , α_6 ,
- Ptm_5
- Mx_5

La comparaison de cette deuxième série de mesures avec les valeurs des mêmes angles observées dans la première manipulation nous autorise à ne rapporter nos résultats qu'au demi degré près, les circonstances expérimentales rendant illusoire voire fallacieuse toute précision supérieure.

Ce sont les valeurs mesurées, évaluées lors de cette seconde série de mesures, ainsi que les variables angulaires dont leur connaissance permet le calcul, que nous rapportons dans les tableaux IV à XXIV.

D'ailleurs la comparaison des variables calculées avec leur lecture directe effectuée en un premier temps confirme l'inutilité d'une précision supérieure au demi degré d'angle dans l'expression des résultats que nous exprimerons, ici comme ailleurs dans ce travail, en degré d'angle et fractions décimales de degré.

X. 1.1. Le contenu des tableaux IV à XXIV

- Le tableau IV

Les distributions des valeurs calculées des angles α_1 et mesurées des angles α_2 y sont rassemblées.

Le premier se ferme sur l'étage facial supérieur et enveloppe le maxillaire supérieur excepté son arcade alvéolaire. Cet angle témoigne donc de la croissance verticale de cet os, essentiellement au niveau de son corps pneumatisé par la volumineuse bulle maxillaire

L'angle α_2 s'étend du palais osseux au plan mandibulaire et contient les deux arcades dentaires dans un étage digestif de la face.

- Le tableau V

L'angle α_3 mesuré directement correspond à la somme des deux précédents et figure la pénétration du "coin facial" sous la base du crâne.

L'angle α_4 suit les variations de la croissance verticale du maxillaire supérieur qui l'ouvre depuis le sommet de son apophyse orbitaire supéro-interne jusqu'au plan de morsure.

Notons que la différence $\alpha_4 - \alpha_1$ dont la distribution ne figure pas dans nos tableaux résume l'expansion de l'arcade alvéolaire supérieure.

- Le tableau VI

Les angles F_2 et F_3 ne correspondent en rien à un quelconque soucis de détermination nouvelle du prognathisme.

En fait, ils mesurent en arrière du segment Nasion externe-Gnathion, les angles faciaux du coin dont le sommet se fait au niveau de l'angle α_3 déjà décrit.

Les angles F_2 et F_3 ne tiennent en effet pas compte du point Prosthion ou Epine Nasale antérieure, généralement admis dans la figuration des prognathismes supérieur ou inférieur (262).

Seul l'angle F_3 a fait l'objet d'une mesure directe.

- Le tableau VII

Il résume les mesures directes des angles R_2 et R_3 matérialisant l'inclinaison du bord postérieur de la branche montante mandibulaire sur les droites 2 et 3 limitant le coin facial.

Rappelons que les angles F_2 , F_3 , R_2 et R_3 sont ceux d'un quadrilatère facial aéro-digestif dont nous étudierons dans un prochain travail les déformations observées, voire permises, dans notre échantillon sachant que toute approche des dimensions linéaires au niveau des crânes de notre échantillon a été délibérément écartée de la présente étude, bien que la confrontation entre les mesures angulaires et linéaires n'ait pas été sans nous séduire et que nous restions convaincu de son inéductabilité.

- Les tableaux VIII à XIII

Nous y trouvons rassemblés les angles comparant les pentes cliviennes occipitale et sphénoïdale (C_{10} et C_{15}) ainsi que la direction BaS avec les droites faciales

de références 1, 2, 3 et 4 témoignant respectivement des orientations du palais osseux, du plan mandibulaire "b" de WORKSHOP, de la droite S-Nasion Externe et du plan d'occlusion dans son segment tangent à l'arc postérieur de la courbe de SPEE.

Seuls les angles $180^\circ - C1o3$, $180^\circ - C1s3$ et $180^\circ - BaS3$ ont fait l'objet d'une mesure expérimentale. Les angles $C1o$, $C1s$ et BaS d'indice 1, 2 et 4 ayant été évalués par le calcul mathématique.

Notons que les angles $180^\circ - C1o3$, $180^\circ - C1s3$ et $180^\circ - BaS3$ peuvent chacun être considérés comme angle basal.

- Le tableau XIV

L'angle $\alpha 5$ est compris entre le plan du planum présphénoïdal et la droite S-Nasion externe confrontant ainsi la branche antéro-supérieure de l'angle sphénoïdal de LANDZERT à celle introduite dans l'étude de l'angle basi-crânien par la radiologie : le segment S-Nasion-Externe.

L'angle $\alpha 6$, mesuré au rapporteur comme le précédent, n'est autre que l'angle plano-criblé de TOPINARD dont nous avons traité de l'importance tant onto que phylogénique.

- Le tableau XV

Il regroupe les valeurs calculées de deux autres séries d'angles basaux ayant leur branche postéro-inférieure sur le clivus occipital, leur branche antérieure suivant la direction du planum présphénoïdal pour l'angle $180^\circ - C1o5$, celle du crible pour l'angle $180^\circ - C1o6$.

- Le tableau XVI

Il résume les distributions de deux séries d'angles basaux analogues mais dont la branche postéro-inférieure correspond au clivus postsphénoïdal :

ce sont les angles $180^\circ - Cls_5$
et $180^\circ - Cls_6$

- Le tableau XVII

Identique au précédent pour les angles

$180^\circ - BaS_5$
et $180^\circ - BaS_6$

- Le tableau XVIII

Nous verrons dans l'étude des moyennes et écarts types que les angles BaS_5 et $180^\circ - BaS_5$ (tableau XVII) confirment la loi statistique concernant les changements d'origine sur l'axe des abscisses.

L'angle Cl_0Cl_1 de la synostose sphéno-occipitale peut répondre morphologiquement à une extension du sinus sphénoïdal. Nous verrons par ailleurs si celle-ci en modifie les valeurs de façon significative ou non.

Quand l'angle Cl_0Cl_1 mesure 180° les clivus sont alignés, les angles Cl_0_5 et Cl_1_5 égaux et superposés correspondent alors à l'angle basal de LANDZERT ou angle γ_1 de PANKOW.

- Le tableau XIX

L'angle α_7 est compris entre la droite S-Nae, admise par SCHÜLLER comme limite antéro-supérieure à la base, et la direction du crible ethmoïdal.

L'angle PtmClo peut aider à définir la participation vertébrobasilaire dans l'orientation du dièdre ptérygoïdien car les muscles prérachidiens et les moyens de contentions passifs antérieurs de la charnière cranio-rachidienne qui s'y insèrent ne sont pas sans modifier l'inclinaison du basioccipital dans la station érigée caractéristique de l'espèce humaine.

- Le tableau XX

Les angles PtmCls et PtmBaS pourront dans la même mesure témoigner de l'influence réciproque des formations endocrâniennes s'appuyant sur le clivus postphénoïdal et des forces manducatrices tirant sur les apophyses ptérygoïdes.

Les angles PtmClo (Tableau XIX), PtmCls et PtmBaS ont chacun un côté endocrânien; leur côté exocrânien est commun (Ptm).

- Le tableau XXI

Les angles Ptm₅ et 180° - Ptm₆ analysent le comportement respectif des dièdres ptérygoïdiens par rapport à l'articulation sphéno (5) - ethmoïdale (6).

Les forces musculaires, essentiellement au niveau des ptérygoïdiens internes tendent à fermer Ptm₅ par son côté Ptm; de plus la croissance horizontale et la pneumatisation du maxillaire supérieur doivent déformer cet angle dans le même sens en ouvrant l'angle 180° - Ptm₆ par sa branche Ptm, voire par expansion des cavités nasales qui peuvent refouler le crible vers le haut.

Nous n'étudierons que les variations corrélatives des angles Ptm₅ et 180° - Ptm₆ entre eux et avec les formations basicrâniennes, réservant la confrontation du plan Ptm aux droites de références faciales à un prochain travail du Laboratoire de Bio-Anatomie et Organogénèse Humaines et Comparées de notre Faculté.

- Le tableau XXII

La somme des angles Ptm_5 et $180^\circ - Ptm_6$ correspond à l'angle de la suture sphéno-ethmoïdale, ouvert indifféremment vers le bas et l'avant ($\alpha_6 > 0$) ou vers le haut ($\alpha_6 < 0$).

La distance "d" mesure l'écart positif si antérieure et négatif si postérieure, entre le plan Ptm et la suture sphéno-ethmoïdale.

- Le tableau XXIII

Il rassemble les angles Mx_5 de suspension faciale à la direction du planum, Mx_6 de suspension au plan criblé. Ces angles sont cette fois plus évocateurs d'un prognathisme véritable puisque, depuis le Nasion externe, leur branche antérieure commune gagne le Prosthion. (108, 167, 168)

- Le tableau XXIV

L'expansion sinusienne dans le corps du sphénoïde y est exprimée selon la convention précisée précédemment (IX. 2.3.4.).

Les indices crâniens horizontaux que nous rapportons dans ce tableau sont tirés de la Thèse Inaugurale de Monsieur le Professeur G. THILLOY (251).

X. 1.2. Moyennes et dispersions des mesures

Avant que d'aborder la recherche et l'analyse des corrélations au niveau des variables angulaires dont nous venons d'envisager les correspondances anatomiques qui peuvent

leur être superposées, il nous paraît indispensable de rapporter les résultats de nos calculs des moyennes et écarts types définissant les différentes variables.

Il n'est pas dans notre intention d'apporter de nouvelles normes biométriques là où les valeurs sont déjà données avec beaucoup d'autorité et de sécurité dans tous les traités de céphalométrie. Tout au plus, allons nous tenter de définir au mieux un échantillon de crânes de la Population de Coxyde, dont la moyenne des indices crâniens horizontaux et la faible dispersion des valeurs observées réalisent déjà l'un des critères biométriques essentiels.

$$\begin{aligned}\text{Indice horizontal moyen : } \bar{x} &= 82,1451 \% \\ \bar{s} &= 5,0662 \\ N &= 62\end{aligned}$$

La dispersion, donc la plus ou moins grande stabilité d'une valeur angulaire, est exprimée nous le savons par le paramètre s ou écart type.

La présentation des moyennes $\bar{x}$, des paramètres s et $\frac{s}{\sqrt{N}}$ relatifs aux séries de mesures angulaires observées, comme elle est figurée dans le tableau XXV n'autorise guère une analyse féconde de ces résultats. Par contre, si nous classons ces données sur un graphe portant en abscisse les références des variables classées selon l'ordre croissant des variances et affectées du nombre d'individus ayant présidé au calcul de celles-ci, et en ordonnée la dispersion des mesures figurées par la valeur de $\pm 2 s$, les commentaires de la courbe ainsi construite deviennent plus aisés :

dans un premier temps nous figurerons ce graphe en portant les intervalles $\pm 2 s$ de part et d'autre de l'axe des abscisses, sans tenir compte des valeurs moyennes $\bar{x}$ des différentes variables que nous alignons sur cet axe.

La figure obtenue évoque celle d'un "cône de dispersion" au niveau duquel les éléments sont de moins en moins stables à mesure que l'on se déplace vers la droite de la figure (Fig. 43).

Nous excluons délibérément de ce graphique les variables "d" et "sinus sphénoïdal", celles-ci n'étant pas exprimées dans la même unité de mesure alors que nous figurons la dispersion des indices crâniens sur l'axe des ordonnées afin de disposer d'un critère évoquant la faible dispersion de cet attribut, laquelle caractérise notre échantillon et la population dont il est extrait.

La figure 44 témoigne du même artifice de classement des écarts types, selon un ordre croissant, mais en tenant compte des valeurs moyennes des angles évoqués, réalisant une ligne brisée joignant le milieux des segments schématisant les intervalles $\pm 2s$, véritable profil moyen des crânes de notre échantillon.

L'enveloppe de ces segments $\bar{x} \pm 2s$ englobe plus de 95 % des crânes étudiés.

X. 1.3. La recherche des corrélations.

X. 1.3.1. Les corrélations simples

En aucun cas il ne faut voir dans cette méthode l'affirmation de liaisons rigoureuses mais seulement des rapports de probabilité parfois fort lâches mais qui n'en éclairent pas moins certains phénomènes constatés en craniométrie.

Ici encore, la figure 45 rendra compte des corrélations recherchées non pas dans l'ordre où elles l'ont été, mais classées en fonction d'un coefficient r croissant sans tenir compte du signe de ce coefficient donc du sens des variations des couples d'attributs qu'il lie :

36 des 98 coefficients calculés ne sont pas significativement différents de zéro. Les 62 autres ont une valeur absolue supérieure à 0,2319 donc sont significatifs.

Leur représentation graphique comme elle se trouve réalisée au niveau de la figure 45 permet de mettre en évidence quatre groupes assez homogènes :

- un premier groupe de 15 corrélations significatives mais faibles,
- un groupe de 18 corrélations d'intensité moyenne,
- une classe de 21 coefficients exprimant une forte liaison,
- un dernier groupe de 8 coefficients affirmant une corrélation très significative entre les variables des couples qui ont permis leur estimation.

X. 1.3.2. Les corrélations multiples ou partielles

Ce n'est qu'au décours de l'analyse de nos résultats, très métriques jusqu'alors, que nous évoquerons l'étude des corrélations multiples que nous avons recherchées et nous ne rapporterons que celles qui seront utiles à notre exposé.

X. 2. L'ANALYSE DES RESULTATS

X. 2.1. L'enveloppe des dispersions des mesures

L'analyse des écarts types au niveau de la figure 43 et la comparaison mathématique des variances permet de distinguer quatre grandes classes d'angles.

D'une classe à l'autre les valeurs des variances sont alors significativement différentes, tandis qu'elles ne le sont guère à l'intérieur d'une même classe. Quelques remarques s'imposent devant le contenu de chacune de ces classes.

X. 2.1.1. La classe des angles stables ou de faible variance

Nous y trouvons les angles α_1 , α_2 , α_3 et α_4 qui définissent l'ampliation verticale des différents éléments des étages orbito-naso-manducatoire de la face (59).

Les angles F_2 , F_3 , R_2 et R_3 eux aussi font partie de cette première classe d'angles très fiables et nous tenterons bien sûr d'évaluer la nature et le sens des quelques variations autorisées au niveau du coin facial et entre ses étages (167, 168).

Cette première catégorie d'angles réunit également les angles BaS_1 , BaS_2 et $180^\circ - BaS_3$ qui confirment la stabilité des plans palatin et mandibulaire ainsi que du segment S-Nae dans leurs angulations réciproques, et évoquent la situation privilégiée de la direction BaS au niveau de cet échantillon.

Bien sûr ceci n'exclue pas une mobilité des extrémités Ba et S du segment BaS sur cette direction. Tout au plus pouvons nous faire référence aux mesures linéaires de THILLOY (251) sur le même échantillon et concernant ces segments:

BaS	N = 66	$\bar{x} = 43,84$ mm	s = 3,07
et S-Nae	N = 66	$\bar{x} = 67,81$ mm	s = 3,35

sans qu'aucune liaison significative entre ces mesures n'ait été mise en évidence ($r = 0,13$).

L'angle 180° - BaS₃ ou Ba-S-Nae est donc l'angle basicrânien le plus stable de notre échantillon et nous pouvons considérer qu'il peut en partie confirmer l'homogénéité de celui-ci.

Nous venons de montrer le peu de variation qu'il subit au niveau de sa branche BaS postéro-inférieure.

Il est important de constater que l'angle α_7 entre le crible et le segment S-Nae est lui aussi compris dans cette première classe de la courbe de dispersion, et présume de la fiabilité non moins négligeable de la branche supérieure S-Nae de l'angle basicrânien Ba-S-Nae.

X. 2.1.2. La deuxième classe de dispersion des mesures angulaires

L'angle PtmBaS inaugure ce nouveau palier de la courbe de la figure 43 et réalise la transition avec le précédent. Il nous permet d'affirmer le peu de dispersion dans les mesures d'un angle dont le côté BaS endocrânien est très stable dans son orientation et l'autre se trouve sollicité par des contraintes musculaires et sinusiennes qui tendent à le fermer et qui sont pourtant très inhomogènes d'un individu à l'autre.

Les droite BaS et Ptm sont confrontées, dans cette même classe, au crible ethmoïdal par les angles 180° - BaS₆ et 180° - Ptm₆. Le plan de la lame criblée est également défini par l'angle Mx₆ de suspension faciale qui nous autorise avec les précédents à témoigner de la relative fixité de l'orientation du segment ethmoïdal dans l'étage antérieur.

La deuxième classe, légèrement plus défavorable au niveau des variances des mesures, recollecte par ailleurs les angles Clo₁, Clo₂, 180° - Clo₃, Clo₄ et PtmClo.

L'angle basal 180° - Clo₃, bien qu'ayant un côté en S-Nae admet donc une variabilité supérieure à celle de l'angle Ba-S-Nae.

Notons dès à présent que l'arête ptérygoïdienne présente des rapports angulaires moins variables avec le segment BaS et la direction du crible qu'avec le plan du clivus occipital dont l'inclinaison est vraisemblablement modifiée par l'impact, certes à distance, des temporo-mandibulaires dont les muscles ptérygoïdiens réalisent un couple moteur essentiel.

X. 2.1.3. La troisième classe de dispersion

Elle définit l'importante fluctuation de la direction du clivus sphénoïdal par les écarts types non négligeables des angles : Cls₁, Cls₂, 180° - Cls₃, Cls₄, 180° - Cls₆ et PtmCls.

Néanmoins les écarts types les plus modestes de cette classe sont celui de l'angle 180° - Cls₆ (qui fait transition avec la précédente) et celui de l'angle 180° - Cls₃ qui confirme la direction privilégiée de son côté S-Nae si une nouvelle preuve en est utile.

L'observation de l'ordre des écarts types des angles faisant intervenir les directions BaS, Clo, Cls par rapport aux droites de références faciales 1, 2, 3 et 4 n'est pas sans intérêt :

s de BaS₃ < s de BaS₁ < s de BaS₄ < s de BaS₂
de même s de Clo₁ < s de Clo₃ < s de Clo₄ < s de Clo₂

ce qui tend à montrer que les rapports des pentes BaS et Clo sont plus constants avec l'étage maxillaire (droites de références 1 et 3) qu'avec la tige mandibulaire (droites de références 2 et 4). (41, 42, 128, 238).

Il en est différemment du clivus sphénoïdal dans ses mouvements dont nous venons de montrer l'amplitude non négligeable par rapport au même faisceau des droites 1, 2, 3 et 4 puisque l'on observe :

s de Cls₃ < s de Cls₂ < s de Cls₄ < s de Cls₁

Dans tous les cas la droite S-Nae d'indice 3 est favorisée.

Enfin nous nous devons de faire remarquer que l'implantation des apophyses ptérygoïdes sur la face inférieure exocrânienne du postsphénoïde n'est pas sans intervenir sur la variabilité de l'angle PtmCls plus importante que celle de l'angle PtmClo que nous avons suspecté lui-même d'être modifié par l'interposition des articulations temporo-mandibulaires contrairement à l'angle PtmBas, le plus stable entre la direction postérieure de la brisure basicrânienne et l'arête du dièdre ptérygoïdien.

X. 2.1.4. Les angles de grande variabilité

L'angle de "transition" avec la classe précédente n'est autre que l'angle CloCls de la synostose sphéno-occipitale. Nous verrons plus loin comment il est possible d'admettre la pneumatisation sinusienne comme facteur éventuel à la grande dispersion des mesures relevées, essentiellement au niveau de sa branche postsphénoïdale (192, 257). Cette dispersion importante témoigne évidemment de la synostose tardive de cette charnière postérieure sur le clivus de BLUMENBACH (145, 215).

Tous les autres angles de cette dernière classe ont pour côté le planum présphénoïdal.

Il s'agit des angles α_5 , $180^\circ - \text{BaS}_5$ (ou angle de LANDZERT quand $\text{CloCls} = 180^\circ$), Ptm_5 , Mx_5 , $180^\circ - \text{Cls}_5$, $180^\circ - \text{Clo}_5$ et α_6 .

L'observation directe de l'extension sinusienne sphénoïdale objective le rapport intime entre l'extrême variabilité de la pneumatisation sous le planum et celle des angles qu'il définit.

Il est important de noter que si l'angle $180^\circ - \text{Ptm}_6$, bien que soumis à l'influence de la soufflure de la bosse maxillaire, présente un écart type le situant dans la deuxième classe, la somme $\text{Ptm}_5 + (180^\circ - \text{Ptm}_6)$ n'est

autre que le supplément de l'angle α_6 ou angle plano-criblé de TOPINARD dont l'extrême variabilité est due essentiellement aux mouvements possibles de sa branche présphénoïdale puisque, nous l'avons vu, le crible est bien plus stable.

Rappelons au passage la "tendance", par ses grande oscillations, qu'a cet angle à aligner ses côtés au cours de la phylogénèse des vertébrés (cf) et qui conserve une longue latence de mobilité puisque la suture sphénoethmoïdale garde longtemps un potentiel de croissance propre, et peut n'être ossifiée que vers 50 ans.

L'analyse de la figure 43 montre enfin que les angles faisant intervenir le plan criblé ne voient pas leur dispersion affectée par ce côté, mais qu'en fait leur variabilité est fonction de la nature de leur deuxième côté.

On observe ainsi :

$$s \text{ de } \alpha_7 < s \text{ Mx}_6 < s \text{ de } 180^\circ - \text{BaS}_6 < s \text{ de } 180^\circ - \text{Ptm}_6 \\ < s \text{ de } 180^\circ - \text{Clo}_6 < s \text{ de } 180^\circ - \text{Cls}_6 < s \text{ de } \alpha_6$$

ce qui confirme nos conclusions concernant les segments Nae, BaS, Ptm, Clo, Cls et direction du planum.

X. 2.2. Les angles basicrâniens

La figure 46 réunit les angles pouvant être utilisés pour caractériser la brisure basicrânienne.

Ce schéma, construit selon le même principe que la figure 44, permet la confrontation de ces angulations dont la valeur moyenne est figurée en ordonnée et qui sont classées selon l'écart type qui caractérise chacune des distributions de leurs mesures respectives.

L'angle basal le plus fermé est l'angle "radiologique" Ba-S-Nae ou $180^\circ - \text{BaS}_3$.

Sa valeur moyenne est de 128,96 degrés, l'écart type de la série de mesure de $\pm 6,45^\circ$.

Il est intéressant de noter que l'investigation de THILLOY (251) concernant ce même angle au niveau du même échantillon montrait les résultats suivants :

$$\bar{x} = 129,17 \text{ degrés} \quad s = \pm 6,37 \text{ degrés.}$$

La figure 46 montre que cet angle, inférieur quant à sa moyenne aux valeurs généralement admises pour l'angle de la base du crâne (131° à 140°) (220) est le plus stable, et qu'ensuite les côtés cliviens occipitaux et sphénoïdaux, les orientations du crible et du planum font intervenir des facteurs qui modifient leur direction et affectent les angles à la construction desquels ils participent d'une variabilité croissante.

Il est curieux qu'un angle Ba-S-Nae, dont le sommet est le point S construit par observation, soit aussi fidèle. On sait en effet depuis PANKOW (203) VASCONCELOS FRAZÃO (256), et KOKTURK (140) que la morphologie et le contour de la fosse pituitaire varient avec l'indice crânien (203), le sexe (256) voire le type constitutionnel (types leptosomes, athlétiques et piques de KRETSCHMER) (140), enfin les troubles endocriniens et constitutionnels d'origine tumorale ou non (200, 201, 256) et partant le poids de l'individu (140), ne sont pas sans relation avec la forme et le volume de cette selle turcique de VESALE.

Nous rappellerons, pour ce qui est de l'échantillon faisant l'objet de notre étude, que la référence à l'analyse détaillée qu'en a faite Monsieur le Professeur THILLOY (251) dans sa Thèse Inaugurale illustre très brillamment les grandes variations observées dans le contour sellaire sur le cliché de profil, variations qui n'impliquent donc pas celles d'un angle basal centré sur le point S.

X. 2.3. Quelques éléments de construction de la courbe sagittale moyenne de la base du crâne dans la population de Coxyde

La figure 47 résume quelques angles caractéristiques des formations basicrâniennes de notre échantillon. Seules les longueurs BaS et S-Nae sont reproduites en tenant compte des longueurs moyennes données par THILLOY dans le même échantillon.

$$\bar{x} \text{ BaS} = 43,84 \text{ mm}$$

$$\bar{x} \text{ S-Nae} = 67,71 \text{ mm}$$

La distance "d" correspond à la valeur moyenne de nos mesures :

$$\bar{x}d = - 2,89 \text{ mm}$$

Ces dimensions linéaires ne sont pas affectées de leur dispersion au niveau de notre représentation graphique. Seules les angulations en font état par ombrage du secteur angulaire proportionnel à l'écart type.

En effet, il est malaisé de représenter les variations possibles d'un angle compte tenu que celles-ci se font indifféremment au niveau de l'un ou de l'autre, voire des deux côtés de celui-ci, si son sommet est considéré comme fixe.

Or, aucune mesure linéaire ne nous permet de localiser un point de notre construction, voire d'en définir le lieu des déplacements.

La figure 47 n'est donc qu'un reflet encore très incomplet de l'image de la base du crâne dans notre échantillon.

Néanmoins, elle réalise une introduction au terme de notre exposé qui se propose d'analyser la morphologie crânienne et ses variations en employant la méthode des corrélations simples ou multiples. Les résultats "dynamiques" ou "mécanistes" que nous donnerons vont se heurter aux mêmes incompatibilités de rigueur graphique "linéaire" que ceux exprimés sur la figure précédente.

X. 2.4. Tentative d'analyse morphogénétique de la base du crâne. Approche de quelques facteurs présidant à la céphalogénèse

Assurément la plus grande prudence est requise dans l'énoncé et surtout l'interprétation des liaisons que nous allons tirer de la liste des coefficients de corrélation que nous avons déjà dressée (Fig. 45).

Nous le savons l'étude de ces corrélations est particulièrement digne d'intérêt quand elles lient des séries de valeurs angulaires de variances semblables, donc de dispersion analogue et faible.

X. 2.4.1 Au niveau de la face

L'étude des corrélations craniofaciales sont déjà nombreuses dans les travaux traitant de céphalométrie (31, 108, 167, 168, 195, 225...).

Néanmoins nous tenons à faire part de nos conclusions au niveau de l'échantillon des crânes de Coxyde dont nous avons vu la grande stabilité du coin facial sous la base crânienne. Ces conclusions concernent quatre relations au niveau de ce coin facial .

- Rappelons que l'un des plus petits écarts types observés correspond à celui de la série des mesures de l'angle α_4 ($\bar{x} = 22^{\circ},2083$ avec $s = 6,3338$).

Notons une fois encore qu'en aucune manière l'écart type d'une série de mesures ne doit être comparé à la moyenne des valeurs de cette série puisque celui-ci demeure inchangé si l'on considère le supplément de l'angle envisagé (cf. Fig. 43 alignant les moyennes sur l'axe des abscisses).

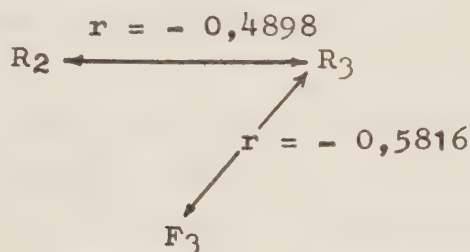
L'angle α_4 qui se ferme sur le maxillaire supérieur, du segment S-Nae au plan occlusal n'est pas lié à l'angle α_2 par un coefficient de corrélation significatif ($r = 0,2049$). Or, les angles α_4 et α_2 ont en commun l'arcade alvéolaire supérieure.

Cette absence de liaison signifie que le plan alvéolaire supérieur varie indifféremment de la mandibule et confirme l'indépendance morphogénétique entre le maxillaire supérieur et la mandibule comme l'a montré récemment DELACHAPELLE (79) dans sa Thèse Inaugurale.

- L'angle goniale R_2 n'est pas lié de façon significative à l'angle F_3 ($r R_2 F_3 = - 0,1306$).

Par contre l'angle goniale R_2 se trouve lié à l'angle R_3 ($r R_2 R_3 = - 0,4898$) et varie en sens inverse.

De même, les angles R_3 et F_3 varient inversement puisque liés négativement et de façon significative ($r R_3 F_3 = - 0,5816$)



L'indifférence des variations des angles R_2 et F_3 nous amène à envisager l'indépendance morphogénétique entre la mandibule (au niveau de l'angle goniale) et l'étage orbito-maxillo-nasal de la face.

Par contre, la variation en sens contraire des angles R_2 et R_3 peut s'expliquer par l'impact de la branche montante mandibulaire au niveau de la base, qui lui est transmis par les articulations temporo-mandibulaires.

Ainsi, si l'angle goniale se ferme, la branche montante attaque la surface sous temporale de la base selon une direction plus oblique et glisse sous celle-ci, sans redresser le segment S-Nae, en soulevant le centre S de la selle : il en résulte une ouverture de l'angle R_3 sans modifier la stabilité de l'angle α_3 (Fig. 48 a).

Bien sûr l'impact condylien ne se traduit pas exclusivement par une poussée mais par la succession quasi permanente de pressions ou de tractions du système musculo-ligamentaire de l'articulation condylo-ménisco-temporale qui vient lui aussi participer à la liaison qui unit le couple des angles R_2 et R_3 (133,266).

- Les côtés de l'angle α_4 d'enveloppe du maxillaire supérieur déterminent avec le plan ramal les angles R_3 et R_2 . Les angles α_3 et R_2 sont très fortement et positivement liés ($r_{\alpha_3 R_2} = 0,6303$) et le sont bien plus que les angles α_3 et R_3 ($r_{\alpha_3 R_3} = 0,3649$).

Par ailleurs, nous avons montré que la variabilité de l'angle R_3 est moins importante que celle de l'angle R_2 . Ainsi pouvons nous conclure que la base figurée par son segment antérieur S-Nae constitue une formation stable, même dans son angulation avec le plan ramal (R_3) et que sur ce côté S-Nae le coin facial (α_3) s'ouvre par l'angle goniale (R_2) (Fig. 48 b). Ainsi si R_2 s'ouvre (angle goniale) R_3 se ferme légèrement et s'est surtout la modification de R_2 qui entraîne une augmentation de α_3 .

Alors que l'analyse des variances nous a permis d'affirmer la grande stabilité du segment BaS, cette étude des corrélations angulaires laisse entrevoir l'importante fiabilité du segment S-Nae dans sa direction, ainsi que déjà l'analyse des variances le sous-entendait.

L'étude des coefficients de corrélation partielles

$r_{F_2 R_3, \alpha_3}$; $r_{R_2 \alpha_3, R_3}$; $r_{R_3 \alpha_3, R_2}$
 $r_{F_2 F_3, \alpha_3}$; $r_{F_2 \alpha_3, F_3}$; $r_{F_3 \alpha_3, F_2}$
montre que lors de l'ouverture du compas facial (α_3) par ses deux branches, les angles R_2 et R_3 varient alors indifféremment, et que les angles F_2 et F_3 le font avec plus de liberté encore.

X. 2.4.2. Le dièdre ptérygoïdien dans ses rapports avec la table endocrânienne de la base

Nous n'avons pas envisagé les angles Ptm 1, 2, 3 et 4 dans le cadre de ce travail, réservant leur analyse à une étude plus complète des apophyses ptérygoïdes.

Par contre, il est logique que notre attention soit attirée par les angles Ptm_{Clo} , Ptm_{Cls} et Ptm_{BaS} qui figurent l'orientation du dièdre ptérygoïdien par rapport aux branches postéro-inférieures de certains angles basicrâniens.

De même les angles Ptm_5 et $180^\circ - Ptm_6$ témoignent des rapports de ce dièdre au niveau de son arête avec les plans du jugum présphénoïdal et du crible ethmoïdal, branches antéro-supérieures que l'on peut admettre ici encore aux angles de la base.

Nous ne prendrons pas en considération les angles Ptm_{Clo} et Ptm_{Cls} , leur préférant l'angle Ptm_{BaS} de variance moins importante.

La recherche de corrélations simples entre les angles Ptm_{BaS} , Ptm_5 et $180^\circ - Ptm_6$ donne les résultats suivants :

$$r_{Ptm_5, 180^\circ - Ptm_6} = - 0,2844$$

$$r_{Ptm_5, Ptm_{BaS}} = 0,3941$$

$$r_{180^\circ - Ptm_6, Ptm_{BaS}} = - 0,3531.$$

Ainsi ces angles sont liés deux à deux que ce soit positivement ou négativement.

L'étude des corrélations multiples montre dans ce cas :

$r_{Ptm_5, 180^\circ - Ptm_6, Ptm_{BaS}} = - 0,1241$
--

$$r_{Ptm_5, Ptm_{BaS}, 180^\circ - Ptm_6} = 0,3043$$

$$r_{180^\circ - Ptm_6, Ptm_{BaS}, Ptm_5} = - 0,4147$$

Quand on supprime alors les variations de Ptm_{BaS} , ce qui revient à le rendre constant, donc pour toute valeur permise pour l'angle Ptm_{BaS} dans notre échantillon, la liaison négative $Ptm_5, 180^\circ - Ptm_6$ n'existe plus. Il est donc possible d'affirmer que l'angle Ptm_{BaS} est la cause des variations observées au niveau des angles Ptm_5 et $180^\circ - Ptm_6$. Or BaS est l'un des côtés de l'angle $BaS-Nae$ ou $180^\circ - BaS_3$ dont nous avons prouvé la grande stabilité.

C'est donc l'arête Ptm du dièdre ptérygoïdien qui oscille comme un battant dans l'angle $Ptm_5 + (180^\circ - Ptm_6)$

et entraîne les variations des angles Ptm_5 et $180^\circ - Ptm_6$ dont il est la somme .

Si nous admettons la pneumatisation sinusienne comme l'un des facteurs de la modification de l'orientation des plans du crible et du planum, celui-ci n'est pas exclusif. En effet la démonstration précédente affirme que les variations au niveau de la suture sphéno-ethmoïdale du planum présphénoïdal due au sinus sphénoïdal et des trabécules ethmoïdaux par la pneumatisation des fosses nasales sont bien sûr sans relation avec le déplacement de l'arête du dièdre ptérygoïdien puisque $PtmBaS$ est supposé constant (Fig. 49 a). Par contre les forces des masticateurs que sont les muscles ptérygoïdiens, surtout internes (260, 264) et la poussée de l'antre maxillaire vont tendre à fermer $PtmBaS$ entraînant également une fermeture de Ptm_5 et une discrète ouverture de l'angle $180^\circ - Ptm_6$ (Fig. 49 b). De même il sera intéressant d'évaluer ultérieurement les relations entre l'inclinaison du dièdre ptérygoïdien et l'ouverture de l'angle goniale.

X. 2.4.3. Influence des apophyses ptérygoïdes et des sinus paranasaux postérieurs au niveau des trois étages de la base

Nous venons de décrire en quoi la bascule du dièdre ptérygoïdien affecte les inclinaisons du crible et du jugum.

Il est aisé d'y rapporter les modifications associées de l'angle basal qui s'est avéré le plus significatif au niveau de notre échantillon.

- En effet une discrète fermeture de l'angle $Ba-S-Nae$ ou $180^\circ - BaS_3$ entraîne un déplacement non négligeable du Nasion externe vers le bas. A cette fermeture correspond celle des angles $180^\circ - BaS_5$ et α_5

En effet $r\ 180^\circ - BaS_3. 180^\circ - BaS_5 = 0,2808$
et $r\ 180^\circ - BaS_5.\alpha_5 = 0,9779$

Cette fermeture de l'angle $180^\circ - BaS_3$ ou $Ba-Ba-S-Nae$ se fait, au niveau de sa branche $S-Nae$, soit par le poids des lobes frontaux télencéphaliques (affirmation contestée de beaucoup et nous avons dit pourquoi) ou par le développement très modeste de la pneumatisation des fosses nasales.

Rappelons d'ailleurs que KRANTZ (143) a montré sur quatre crânes néanderthaliens (SACCOPASTORE I, GIBRALTAR, MONTE CIRCEO et LA CHAPELLE AUX SAINTS) que l'augmentation du volume crânien est alors associée à celle de l'angle sphénoïdal. Par contre les rapports intimes des formations encéphaliques avec les éléments osseux de la base, bien qu'elles en soient séparées par le système amortisseur des lacs et citernes du L.C.R., ne sont pas pour conclure le problème du modelage encéphalique par les formations osseuses ou de celui des éléments squelettiques par le nevraxe, et les travaux de topographie cranio-cérébrale d'AUGIER (12) de MARISCO (171) et le brillant atlas de DELMAS et PERTUISSET (91) ne peuvent y répondre entièrement.

Déjà PAPILLAUT en 1898 (205) prouve la non exclusivité des facteurs encéphaliques sur la brisure basale en faisant remarquer que le poids relatif du cerveau chez le fœtus est supérieur à celui décrit chez l'adulte qui pourtant présente un angle basicrânien plus fermé.

Plus près de nous, ORTHNER (198) prouve les rapports très variables entre le chiasma optique et ce que l'on convient de décrire comme son empreinte au niveau du sphénoïde.

Enfin, les récentes observations de SARNAT et SHANEDLING (230) semblent infirmer la participation de l'œil et de ses annexes à la morphogénèse orbitaire et contestent la participation de la croissance de l'orbite à l'équilibre de la branche antéro-supérieure de l'angle basicrânien.

Inversement, ce sont la rotation occipitale et l'ascension du centre de la fosse pituitaire lors de la phylogénèse qui modifient les rapports de l'orbite et de ses orifices vers ceux que nous observons chez l'Homme (208).

Pour ce qui est de notre étude c'est le jugum, dans ses variations sous l'influence du bras de levier ptérygoïdien (cf. plus haut) et de la pneumatisation du sphénoïde, qui modifie essentiellement l'angle α_5 lors de la variation de la branche S-Nae de l'angle basal Ba-S-Nae (Fig. 50 a).

La grande variabilité de l'extension sinusienne justifie les corrélations précédentes et confirme la stabilité de l'angle Ba-S-Nae même au niveau de son côté antéro-supérieur alors que l'angle α_5 est très variable.

- De même nous observons une liaison significative entre les angles PtmBaS et $180^\circ - \text{BaS}_6$ d'une part, et les angles PtmBaS et $180^\circ - \text{Ptm}_6$ d'autre part, qui varient dans le même sens pour les premiers, inversement, pour les deux autres :

$$\begin{aligned} r1 \quad \text{PtmBaS} \cdot 180^\circ - \text{BaS}_6 &= 0,453 \\ \text{et} \quad r2 \quad \text{PtmBaS} \cdot 180^\circ - \text{Ptm}_6 &= -0,4788 \end{aligned}$$

Ainsi, quand les forces exercées par les muscles ptérygoïdiens ferment l'angle PtmBaS entre l'apophyse basilaire sphénooccipitale et la tubérosité maxillaire de la face, on observe un abaissement du plan du crible (r1) alors que l'angle $180^\circ - \text{Ptm}_6$ augmente obligatoirement davantage par son côté Ptm qu'il ne se ferme par son côté suivant l'inclinaison du crible.

Cet angle suit, là encore, l'ampliation du sinus maxillaire : le crible plonge moins vers l'avant que ne tourne dans le sens horaire le dièdre ptérygoïdien qui somme l'attraction des forces masticatrices et la poussée du sinus maxillaire (Fig. 50 b).

- L'angle α_6 plano-criblé de TOPINARD est, pour sa part, lié négativement à l'angle $180^\circ - \text{BaS}_6$ ($r = -0,4334$). Toute augmentation de l'angle $180^\circ - \text{BaS}_6$ par sa branche trabéculaire (nous avons montré la grande stabilité de la direction BaS dans le profil crânien de Coxyde) va entraîner un redressement du jugum présphénoïdal qui ferme lui aussi l'angle plano-criblé. Ce mécanisme, que nous rapporterons à l'intrication des rapports sinusiens au niveau du crible et du planum, confirme la tendance à l'alignement de ces deux structures, tendance que nous montre la Phylogénèse et l'Ontogénèse (Fig. 50 c).

- Il n'est pas surprenant que les angles α_6 et $180^\circ - \text{BaS}_5$ soient particulièrement corrélés ($r = 0,8300$).

Ainsi l'absence de sollicitation du présphénoïde par une poussée de la cavité sinusienne sphénoïdale ne soulève pas le jugum qui reste fortement incliné vers le bas et vers l'arrière, ouvrant largement l'angle $180^\circ - \text{BaS}_5$.

Nous l'avons vu, toute poussée sinusienne sous le jugum ferme l'angle plano-criblé α_6 ainsi que l'angle $180^\circ - \text{BaS}_6$ dont le côté BaS reste stable. Certes l'angle α_6 peut s'ouvrir par inclinaison antérieure du crible supportant un pôle frontal très développé et n'affrontant qu'une faible pneumatisation des fosses nasales. La même réduction de la pneumatisation crânienne peut faire que le jugum s'abaisse, ouvrant de ce fait l'angle α_6 .

- Notons par ailleurs que cet angle α_6 est lié de façon très significative à l'angle α_5 et qu'il varie dans le même sens ($r = 0,9085$).

Quand l'angle plano-criblé s'ouvre par abaissement du crible, l'angle α_5 entre planum et droite S-Nae fait de même par chute du segment S-Nae avec déplacement du NASION EXTERNE vers le bas, mécanisme dont nous avons précédemment décrit les conséquences.

Rappelons que lorsque l'angle $180^\circ - \text{BaS}_5$ augmente, l'angle α_6 augmente alors que l'angle $180^\circ - \text{BaS}_6$

diminue (cf. les deux alinéas précédents), l'un par accentuation de la pente postéro-inférieure du planum, l'autre par inclinaison vers l'avant et le bas du crible ethmoïdal qui inévitablement entraîne le NASION EXTERNE vers le bas.

L'angle Ba-S-Nae doit pour rester constant voir son sommet S descendre.

Au contraire, la fermeture de l'angle α_6 par redressement du jugum et du crible fermant l'angle $180^\circ - \text{BaS}_5$ et ouvrant l'angle $180^\circ - \text{BaS}_6$ tend à déplacer le NASION EXTERNE vers le haut et, pour rester dans l'intervalle $\bar{x} \pm 2s$ que nous lui connaissons, l'angle Ba-S-Nae ou $180^\circ - \text{BaS}_3$ doit déplacer son sommet S sur la pente BaS dont nous pouvons admettre la direction comme presque fixe dans notre modèle crânien ; ce déplacement du point S est accompagné vraisemblablement de celui du Basion étant donné le discret écart type des longueurs BaS décrit par THILLOY (251).

Cette ascension du sommet S, associée à un redressement avec tendance à l'alignement des côtés de la suture sphéno-ethmoïdale, n'est autre que le mécanisme que nous avons décrit dans l'Ontogénèse comparée du crâne et qui préside à l'hominisation de celui-ci (Fig. 50 d).

X. 2.5. Les sinus paranasaux postérieurs dans leurs rapports avec les synostoses sphéno-occipitale et inter-sphénoïdale.

La comparaison de deux séries de variables qualitativement différentes nous amène à utiliser préférentiellement le test du χ^2 à la méthode des corrélations simples.

Les tableaux XXVI et XXVII résument la réalisation de ce test dans la recherche d'une liaison entre l'ampliation du sinus sphénoïdal et les angles Ba-S-Nae d'une part et CloCls d'autre part.

Dans chaque test nous avons regroupé les valeurs des sinus sphénoïdaux correspondant à une même colonne "verticale", ce au niveau de deux séries : les sinus de type 7, 8 ou 9 et ceux de type 10, 11 ou 12.

Seul le test relatif à l'angle basicrânien Ba-S-Nae ou $180^\circ - \text{BaS}_3$ montre une différence significative entre les séries 7, 8, 9 et 10, 11, 12. Cette différence exprime l'existence d'une liaison qualitative entre les deux séries de valeurs que sont l'expansion sinusienne et la mesure des angles Ba-S-Nae.

Ainsi confirmons nous les conclusions de SEKULIĆ (235, 236) rapportées précédemment, de RADOJEVIC et ses collaborateurs (220) et de JOVANOVIĆ (194), selon lesquelles "un grand angle sphénoïdal correspond à une ampliation sinusienne discrète alors que la fermeture de cet angle correspond à une extension importante de ce sinus".

Il est à noter que l'étude des corrélations simples, bien que peu applicable à nos mesures dans l'abord de ce problème essentiellement qualitatif, se montre néanmoins significative et montre un coefficient négatif ($r = - 0,292$) alors que THILLOY (251), comparant par la même méthode des corrélations simples le poids de la maquette en carton de la projection sagittale du sinus sphénoïdal et l'angle Ba-S-Nae d'un même crâne, n'a pas obtenu au niveau du même échantillon de liaison significative.

L'application du test du χ^2 au couple de variables que sont l'extension quantifiée du sinus sphénoïdal et la valeur de l'angle synostosique CloCls ne permet pas d'affirmer une liaison entre ces deux attributs, pas plus que la méthode des corrélations simples ($r = 0,1009$).

Nous l'avons dit précédemment c'est la grande mobilité, sous la dépendance du sinus sphénoïdal, de la seule branche Cls de cet angle qui est responsable de sa variance notable.

En effet si les prolongements occipitaux sont décrits au niveau du sinus sphénoïdal (192, 248), trois crânes seulement en montraient un exemple au sein de notre

échantillon (sinus sphénoïdal affecté d'un nombre supérieur ou égal à 13) alors que 32 fois nous avons observé une ampliation sinusienne gagnant le basi-postsphénoïde (colonne verticale des valeurs 10, 11 et 12), toutes sollicitant le clivus sphénoïdal.

Nous devons convenir au terme de cette analyse que celle-ci peut-être incomplète et négliger certains aspects et mécanismes possibles de la morphogénèse du crâne que nous tenterons de définir ultérieurement.

Enfin, nous avons été fréquemment tentés de considérer nombre de variations observées dans notre échantillon en fixant délibérément la direction du segment BaS dont il est impossible de négliger la situation privilégiée, au niveau de l'image téléradiographique sagittale que nous avons étudiée, et partant qui semble confirmer et rejoindre l'assimilation qu'en font CAIX et OUTREQUIN quand ils montrent le parallélisme fréquent du clivus, sans en limiter la hauteur, avec la droite d'intersection des plans ampullaires droit et gauche (51).

CHAPITRE XI

CONCLUSIONS

XI. 1.

Le coin facial est très stable sous la base crânienne, tant dans ses angles propres qu'au niveau des angulations entre les plans qui séparent ses étages maxillaire, alvéolaire supérieur et mandibulaire.

XI. 2.

Le quadrilatère facial tel que nous l'avons construit, c'est-à-dire sans considérer le prognathisme alvéolaire, est lui aussi très stable dans ses mensurations angulaires. Cette affirmation ne préjuge en rien de l'homogénéité des mensurations linéaires de ses côtés, donc de l'existence d'un profil facial identique au niveau de la population de Coxyde (108).

XI. 3.

L'orientation du segment Basion-point S est particulièrement privilégiée dans la base du crâne. La grande fiabilité au niveau de sa direction ne correspond pas à une définition impérative du segment Ba-S puisque l'absence de mesures linéaires ne nous autorise pas actuellement à définir les lieux des points Basion et S.

XI. 4.

L'angle basicrânien de plus faible dispersion est l'angle Basion-S-Nasion externe.

XI. 5.

La direction du clivus occipital est plus homogène dans ses angulations avec lame criblée, segment S-Nae, plan palatin, plan de morsure, plan mandibulaire et axe des ptérygoïdes que ne l'est celle du clivus sphénoïdal.

Cette constatation n'est pas sans relation avec la synostose tardive de l'articulation entre basioccipital et basisphénoïde qui permet une grande laxité dans l'adaptation du postsphénoïde lors de l'ontogénèse et de la croissance quand le basioccipital se trouve immobilisé par des contraintes musculo-ligamentaires au vertex et à la face.

L'angle de la synostose sphéno-occipitale présente une grande dispersion dans nos mesures.

XI. 6.

Il semble que le plan occlusal et le plan mandibulaire varient davantage que les directions du segment S-Nae ainsi que du plan palatin (se fermant sur le maxillaire supérieur) par rapport aux directions du segment BaS et du clivus occipital.

XI. 7.

Le dièdre ptérygoïdien intervient d'autant moins sur la branche postérieure d'un angle basicrânien que celle-ci suit la direction Basion-S, ou celle du clivus occipital, enfin celle du clivus postsphénoïdal qu'il mobilise le plus.

XI. 8.

Tous les angles faisant intervenir le planum présphénoïdal présentent une dispersion considérable dans leurs mesures, laquelle est en rapport avec la poussée sinusienne plus ou moins importante qui mobilise ce plan.

XI.9.

La localisation du Point S, essentiellement construit par observation directe sur le cliché téléradiographique sagittal, n'est pas incompatible avec la fiabilité des mesures d'un angle basal Ba-S-Nae.

XI. 10.

Le plan alvéolaire supérieur et la mandibule présentent des mécanismes d'édification indépendants.

XI. 11.

Il y a indépendance morphogénétique entre la mandibule et l'étage orbito-maxillo-nasal de la face.

XI. 12.

L'impact condylo-ménisco-temporal au niveau de la base crânienne n'affecte en rien l'étage nasal de celle-ci.

XI. 13.

La base dans son segment antérieur S-Nae est l'élément stable, même dans son angulation avec le plan ramal, et ce n'est que par l'angle goniale que le coin facial va s'ouvrir par rapport à celle-ci.

XI. 14. L'orientation des plans du jugum sphénoïdal et du crible ethmoïdal, témoignant du stade adulte de la suture sphéno-ethmoïdale, résulte d'une part de la poussée du sinus maxillaire et de la traction des muscles ptérygoïdiens au niveau des apophyses ptérygoïdes, mais aussi de la sollicitation des lames criblées et du jugum par la pneumatisation des fosses nasales et du corps du sphénoïde.

XI. 15.

L'extension très variable dans son volume et ses directions de la pneumatisation sinusienne du pré-sphénoïde justifie de la grande mobilité du jugum par rapport aux faibles déplacements observés au niveau de la branche S-Nae de l'angle basal Ba-S-Nae.

XI. 16.

Les forces musculaires de traction et la poussée du sinus maxillaire refoulent davantage vers l'arrière le dièdre ptérygoïdien qu'elles n'abaissent le plan du crible.

XI. 17.

Tout abaissement du crible s'accompagne d'une élévation du planum et inversement, confirmant la tendance à l'alignement de ces deux structures dans l'espèce humaine.

L'absence de pneumatisation au niveau des fosses nasales et du présphénoïde correspond à des angles plano-criblés très marqués qu'ils soient positifs ou négatifs.

XI. 18.

Tout mécanisme qui, au niveau du planum présphénoïdal ou du crible ethmoïdal vise à aligner ces structures, donc à fermer l'angle plano-criblé, s'accompagne au moins d'une ascension du point S le long de la direction privilégiée du segment BaS, imitant en cela les phénomènes observés lors de l'Ontogénèse et de la Phylogénèse, au moins chez les Anthropoïdes.

XI. 19.

La mesure de l'angle basicrânien Basion-S-Nasion externe est inversement proportionnelle à l'ampliation du sinus sphénoïdal : à un petit sinus correspond un grand angle basal, à un grand sinus correspond un angle basicrânien plus fermé.

XI. 20.

L'angulation de la synostose sphéno-occipitale est extrêmement variable au niveau de notre échantillon mais semble motivée par la grande instabilité du clivus sphénoïdal, fréquemment sollicité par la pneumatisation du corps du sphénoïde dont un prolongement ne gagne qu'exceptionnellement le basioccipital.

POSTFACE

"Le Livre de la nature est écrit en langage mathématique, les caractères sont des triangles, des sphères et d'autres figures, sans l'aide desquelles il est impossible de comprendre un seul mot".

GALILEO GALILEI

SOMMAIRE

S O M M A I R E

=====

PREFACE.....	1
CHAPITRE I :	
INTRODUCTION. Les crânes de la Population d'Age Franc de Coxyde (Belgique).....	3
I. 1. L'évolution du rivage Flamand.....	3
I. 2. Les crânes de Coxyde.....	4
CHAPITRE II :	
DESCRIPTION ANATOMIQUE DES STRUCTURES OSSEUSES DE LA BASE INTERESSEES PAR LE PLAN SAGITTAL MEDIAN DU CRANE : QUELQUES NOTIONS CONCERNANT LEURS RAPPORTS TOPOGRAPHIQUES.....	7
II. 1. L'Ethmoïde.....	7
II. 1.1. La lame horizontale ou lame criblée	
II. 1.1.1. La face endocrânienne	
II. 1.1.2. La face inférieure nasale	
II. 1.2. La lame verticale	
II. 1.2.1. Le segment intracrânien ou apo- physe crista galli	
II. 1.2.2. Le segment nasal ou lame perpen- diculaire	
II. 1.3. Les masses latérales	
II. 2. Le Sphénoïde.....	11
II. 2.1. Le corps	
II. 2.1.1. La face supérieure	
II. 2.1.1.1. Le jugum sphénoïdal	
II. 2.1.1.2. La gouttière optique	

- II. 2.1.1.3. La selle turcique (Ephippium)
ou fosse pituitaire
- II. 2.1.1.4. La lame quadrilatère
- II. 2.1.2. La face antérieure
- II. 2.1.3. La face inférieure
- II. 2.1.4. La face postérieure
- II. 2.1.5. Les faces latérales
- II. 2.2. Les apophyses paires et symétriques
 - II. 2.2.1. La petite aile ou apophyse
d'INGRASSIAS
 - II. 2.2.2. La grande aile
 - II. 2.2.3. L'apophyse ptérygoïde
- II. 2.3. Les sinus sphénoïdaux ou sinus para-nasaux
postérieurs
- II. 3. L'Occipital.....
- II. 3.1. Le corps ou apophyse basilaire
 - II. 3.1.1. La face endocrânienne ou gouttière
basilaire
 - II. 3.1.2. La face exocrânienne ou surface
basilaire.....
- II. 3.2. Les masses latérales
 - II. 3.2.1. Leur face endocrânienne
 - II. 3.2.2. Leur face exocrânienne
- II. 3.3. L'écaille
 - II. 3.3.1. La face endocrânienne
 - II. 3.3.2. La face exocrânienne
- II. 3.4. Le trou occipital ou foramen magnum

II. 4. La face endocrânienne de la base du crâne 25

II. 4.1. Les trois étages osseux

II. 4.1.1. L'étage antérieur ou ethmoïdo-frontal

II. 4.1.2. L'étage moyen ou sphéno-temporal

II. 4.1.3. L'étage postérieur ou temporo-occipital

II. 4.2. Les rapports méningés de la base du crâne : la base durale

II. 4.2.1. La pie mère

II. 4.2.2. L'arachnoïde

II. 4.2.3. La dure mère

II. 4.3. Les rapports sinusiens de la base : la base veineuse

II. 4.4. Les rapports encéphaliques de la base : la base encéphalique

II. 4.4.1. Dans l'étage antérieur

II. 4.4.2. Dans l'étage moyen

II. 4.4.3. Dans l'étage postérieur

II. 4.5. Les pédicules vasculo-nerveux : la base orificielle

II. 5. La face exocrânienne de la base du crâne..... 31

II. 5.1. Les orifices

II. 5.2. La base dans son segment facial

II. 5.3. La région temporo-occipitale de la face

II. 5.3.1. Les éléments antérieurs et moyens

II. 5.3.2. Les éléments antéro-latéraux

II. 5.3.3. Les éléments postéro-latéraux

CHAPITRE III :

DES REPERES ANTHROPOMETRIQUES UTILISES EN CRANIOLOGIE..... 34

CHAPITRE IV :
ETUDE ANATOMO-RADIOLOGIQUE DU CRANE HUMAIN EN INCIDENCE
NORMA LATERALIS. CORRESPONDANCES ENTRE LES STRUCTURES
OSSEUSES ET LES IMAGES OBSERVEES : Points, lignes et plans.. 38

CHAPITRE V :
NOTIONS ONTOGENIQUES RELATIVES AUX ELEMENTS SAGITTAUX DE
LA BASE DU CRANE. MECANISMES PRESIDANT A SA CROISSANCE..... 47

V. 2.2.3. Les synchondroses basicrâniennes

V. 2.3. L'Occipital	
V. 2.3.1. Le corps	
V. 2.3.2. Les masses latérales	
V. 2.3.3. L'écaille	
V. 3. Céphalogénèse et croissance de la base.....	61
V. 3.1. Modes de développement	
V. 3.1.1. Les os de membrane	
V. 3.1.2. Les os de substitution	
V. 3.2. Le morcellement du chondrocrâne vers la dixième semaine I. U. (55 mm T.S.)	
V. 3.2.1. L'invagination fibrosique entre orbito et présphénoïde	
V. 3.2.2. Apparition dans la mandibule de cartilage secondaire	
V. 3.2.3. Les dégénérescences cartilagineuses de la partie sphéno-occipitale	
V. 3.3. Au sixième mois de la vie extra-utérine	
V. 3.4. Vers la dixième année	
V. 3.5. Sinus paranasaux et base du crâne	

CHAPITRE VI :

QUELQUES ELEMENTS D'ONTOGENESE COMPAREE ET DE PHYLOGENESE CONCERNANT LA BASE DU CRANE.....	70
VI. 1. Chez les poissons Chondrichthyens dont les sélaciens (requins, raies).....	72
VI. 2. Chez les poissons osseux ou Osteichthyens et les les Tétrapodes.....	72
VI. 3. Chez les Amphibiens actuels.....	73
VI. 4. Chez les Amniotes.....	74

VI. 4.1. Chez les reptiles comme chez tous les
sauropsidés

VI. 4.1.1. Lacertiliens et ophidiens

VI. 4.1.2. Chéloniens et crocodiliens

VI. 4.1.2.1. Chez les chéloniens

VI. 4.1.2.2. Chez les crocodiliens

VI. 4.2. Le crâne des oiseaux

VI. 4.3. Le crâne des mammifères

CHAPITRE VII :

APPROCHE HISTORIQUE DE LA FIGURATION ET DE L'ANALYSE DES

ANGLES BASICRANIENS..... 89

VII. 1. La figuration des angles de la base..... 89

VII. 2. Leur analyse..... 95

CHAPITRE VIII :

RAPPELS ELEMENTAIRES DE STATISTIQUE APPLIQUEE A LA BIOMETRIE. 97

VIII. 1. Les données de mesure..... 97

VIII. 1.1. La représentation graphique

VIII. 1.2. Caractérisation des séries de mesures

VIII. 1.2.1. La moyenne

VIII. 1.2.2. L'écart type

VIII. 1.3. La variabilité des données de mesure

VIII. 1.3.1. Au niveau de l'échantillon

VIII. 1.3.2. Au niveau de la population

VIII. 2. Les corrélations..... 104

VIII. 2.1. Leur but

VIII. 2.2. Leur représentation graphique

VIII. 3. Les coefficients de corrélation multiple ou coefficients de corrélation partielle.....	106
VIII. 3.1. Leur but	
VIII. 3.2. Les résultats	
VIII. 3.2.1. Première possibilité	
VIII. 3.2.2. Deuxième possibilité	
VIII. 4. Le test de χ^2	109
VIII. 4.1. Définition	
VIII. 4.2. Résultats	

CHAPITRE IX :

MATERIEL ET METHODE.....	111
IX. 1. Matériel.....	111
IX. 2. Méthode.....	113
IX. 2.1. Orientation des structures	
IX. 2.2. Les tracés des calques et leur repro- duction	
IX. 2.2.1. Le tracé	
IX. 2.2.2. La reproduction	
IX. 2.3. Les épreuves	
IX. 2.3.1. Première épreuve	
IX. 2.3.1.1. Les compas d'enveloppe des étages faciaux	
IX. 2.3.1.2. Le quadrilatère facial et la justification de la terminologie adoptée	
IX. 2.3.2. Deuxième épreuve	
IX. 2.3.3. Troisième épreuve	
IX. 2.3.4. Quatrième épreuve	

CHAPITRE X :

NOS RESULTATS ET LEUR ANALYSE.....	126
X. 1. Les résultats.....	126
X. 1.1. Le contenu des tableaux IV. à XXIV	
X. 1.2. Moyennes et dispersions des mesures	
X. 1.3. La recherche des corrélations	
X. 1.3.1. Les corrélations simples	
X. 1.3.2. Les corrélations multiples ou partielles	
X. 2. L'analyse des résultats.....	135
X. 2.1. L'enveloppe des dispersions des mesures	
X. 2.1.1. La classe des angles stables ou de faible variance	
X. 2.1.2. La deuxième classe de dispersion des mesures angulaires	
X. 2.1.3. La troisième classe de dispersion	
X. 2.1.4. Les angles de grande variabilité	
X. 2.2. Les angles basicrâniens	
X. 2.3. Quelques éléments de construction de la courbe sagittale moyenne de la base du crâne dans la population de Coxyde	
X. 2.4. Tentative d'analyse morphogénétique de la base du crâne. Approche de quelques facteurs présidant à la céphalogénèse	
X. 2.4.1. Au niveau de la face	
X. 2.4.2. Le dièdre ptérygoïdien dans ses rapports avec la table endocrânienne de la base	
X. 2.4.3. Influence des apophyses ptérygoïdes et des sinus paranasaux postérieurs au niveau des trois étages de la base	

X. 2.5. Les sinus paranasaux postérieurs dans leurs rapports avec les synostoses sphéno-occipitale et inter-sphénoïdale

CHAPITRE XI :

CONCLUSIONS..... 154

- XI 1. Le coin facial
- XI. 2. Le quadrilatère facial
- XI. 3. L'orientation du segment Basion-point S
- XI. 4. L'angle basicrânien de plus faible dispersion
- XI. 5. La direction du clivus occipital
- XI. 6. Le plan occlusal et le plan mandibulaire
- XI. 7. Le dièdre ptérygoïdien
- XI. 8. Les angles faisant intervenir le planum présphénoïdal
- XI. 9. La localisation du point S : sa valeur
- XI.10. Maxillaire supérieur et mandibule
- XI.11. Mandibule et étage orbito-maxillo-nasal de la face
- XI.12. L'étage nasal de la face
- XI.13. Le segment antérieur S-Nae de la base
- XI.14. La suture sphéno-ethmoïdale
- XI.15. Sinus sphénoïdal et jugum sphénoïdale
- XI.16. Influence des forces musculaires et de la pneumatisation du maxillaire sur le dièdre ptérygoïdien et le crible ethmoïdal
- XI.17. L'angle plano-criblé
- XI.18. Mouvements éventuels du point S sur la direction privilégiée Basion-S
- XI.19. L'angle Basion-S-Nasion externe et la pneumatisation du sphénoïde
- X
- XI.20. Le sinus sphénoïdal dans ses rapports avec l'angulation de la synostose sphéno-occipitale

POSTFACE

SOMMAIRE

